

SKRIPSI

STUDI ALTERNATIF PERENCANAAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS (SRPMK) DENGAN KOLOM BULAT PADA GEDUNG KANTOR PUSAT STIKES KEPANJEN MALANG



Disusun oleh :

PEDRO DA COSTA HORNAY

(13.21.010)

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
MALANG
2017**

**LEMBAR PERSETUJUAN
SKRIPSI**

**“ STUDI ALTERNATIF PERENCANAAN SISTEM RANGKA PEMIKUL
MOMEN KHUSUS (SRPMK) DENGAN KOLOM BULAT PADA
GEDUNG KANTOR PUSAT STIKES KEPANJEN MALANG ”**

*Disusun Sebagai Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Sipil S-1
Institut Teknologi Nasional Malang*

Disusun Oleh :

Pedro Da Costa Hornay

13.21.010

Menyetujui :

Dosen Pembimbing I



(Ir. A. Agus Santosa, MT)

Dosen Pembimbing II



(Ir. Ester Priskasari, MT)

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Sipil S-1
Institut Teknologi Nasional Malang



(Ir. A. Agus Santosa, MT)

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL M A L A N G**

2017

**LEMBAR PENGESAHAN
SKRIPSI**

**“ STUDI ALTERNATIF PERENCANAAN SISTEM RANGKA
PEMIKUL MOMEN KHUSUS (SRPMK) DENGAN KOLOM BULAT
PADA GEDUNG KANTOR PUSAT STIKES KEPANJEN MALANG ”**

Dipertahankan Di hadapan Majelis Penguji Sidang Skripsi

Jenjang Strata satu (S-1)

Pada hari : Senin

Tanggal : 7 Agustus 2017

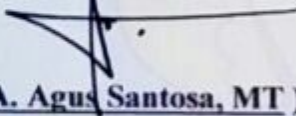
*Dan Diterima Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan
Guna Memperoleh Gelar Sarjana Teknik*

Disusun Oleh :

**Pedro Da Costa Hornay
13. 21. 010**

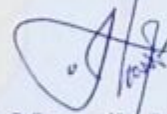
Disahkan Oleh:

Ketua



(Ir. A. Agus Santosa, MT)

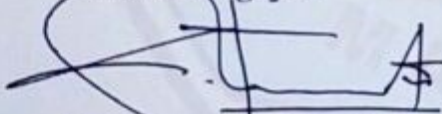
Sekretaris



(Ir. Munasih, MT)

Anggota Penguji:

Dosen Penguji I



(Ir. Eding Iskak I, MT)

Dosen Penguji II



(Mohammad Erfan, ST., MT)

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
2017**

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : **Pedro Da Costa Hornay**
Nim : **13.21.010**
Program studi : **Teknik Sipil S-1**
Fakultas : **Teknik Sipil dan Perencanaan**

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi saya berjudul:

**“ STUDI ALTERNATIF PERENCANANAN SISTEM RANGKA PEMIKUL
MOMEN KHUSUS (SRPMK) DENGAN KOLOM BULAT PADA
KANTOR PUSAT ESTIKES KEPANJEN MALANG ”**

adalah hasil karya saya sendiri dan bukan merupakan duplikat serta tidak mengutip atau menyadur seluruhnya dari karya orang lain kecuali disebut dari sumber aslinya dan tercantunm dalam daftar pustaka.

Malang, ...September 2017

Yang membuat pernyataan



(Pedro Da Costa Hornay)

ABSTRAKSI

“STUDI ALTERNATIF PERENCANAAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS (SRPMK) DENGAN KOLOM BULAT PADA KANTOR PUSAT ESTIKES KEPANJEN MALANG”, Oleh : Pedro Da Costa Hornay (Nim : 13.21.010), Pembimbing I : Ir. A. Agus Santosa, MT., Pembimbing II : Ir. Ester Priskasari MT. Program Studi Teknik Sipil S-1, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Malang

Kolom merupakan elemen vertikal suatu struktur yang berfungsi menahan beban aksial dan momen sebagai akibat beban gravitasi dan beban lateral yang bekerja pada struktur. Oleh karena itu, kolom memegang penampang penting pada keutuhan struktur, apabila kolom mengalami kegagalan akan berakibat pada keruntuhan struktur bangunan atas gedung. perbedaan kolom bulat dan kolom persegi sangat mendasar. Jika ditinjau dari tulangan sengkang, kolom bulat perpenampang spiral memiliki jarak sengkang yang berdekatan dibanding dengan kolom dengan kolom persegi yang mempunyai bentuk sengkang tunggal dan jarak antara yang relatif besar.

Kolom bulat yang menghasilkan kapasitas penampang, gaya – gaya dalam seperti gaya aksial; gaya geser; gaya momen, dan simpangan (*maximum displacement*) sehingga dalam skripsi ini untuk mengetahui desain kolom bulat yang efisien dan efektif didalam perencanaan.

Hasil yang diperoleh dari perencanaan struktur gedung dengan kolom bulat pada gedung kantor pusat stikes kepanjen malang dengan program bantu *STAAD PRO V 8*, yang ditinjau dari kapasitas penampang dengan luas mutu beton kolom bulat menghasilkan ϕP_n (aksial nominal) = 3988,690 kN, ϕM_n (Momen nominal) = 478,812 kNm, V_n (Geser nominal) = 681629,848 N. Sehingga kolom bulat memiliki kapasitas penampang yang lebih besar dan efektif. Ditinjau dari rasio dan gaya-gaya dalam struktur, kolom bulat memiliki gaya aksial = 0,021, kekakuan struktur pada kolom bulat memiliki simpangan (*maximum displacements*) yang lebih besar dari kolom persegi. Sehingga kekakuan pada kolom bulat lebih tinggi dengan kolom persegi.

Kata Kunci: *Kolom Bulat, Kapasitas Kolom, Gaya Aksial, Gaya Momen, Gaya Geser, Simpangan Struktur*

KATA PENGANTAR

Puji Syukur Kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, atas segala Rahmat dan Karunia-Nya, sehingga Penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Studi Alternatif Perencanaan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dengan Kolom Bulat pada Gedung Kantor Pusat Stikes Kepanjen Malang”** yang merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan studi di program Studi Teknik Sipil S-1, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional (ITN) Malang.

Penulis mengucapkan terima kasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada:

1. Pai and Mae,& Armando, Juventina, yang tidak hentinya-hentinya memberikam dukungan kepada penulis sehingga mampu menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Mae Juventina, yang tidak hentinya-hentinya memberikam dukungan kepada penulis sehingga mampu menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Pai Mariano, dan Ibunda dan anak-anaknya, yang tidak hentinya-hentinya memberikam dukungan kepada penulis sehingga mampu menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Kak Feliz, dan Ibunda dan anak-anaknya, yang tidak hentinya-hentinya memberikam dukungan kepada penulis sehingga mampu menyelesaikan Tugas Akhir ini.
5. Kak Atoy, dan Ibunda Joanita dan Adek-adek Saya Yanto, Atilu. Terimakasih atas dukunganya dan motivasi selama adri awal kuliah sampai lulus
6. Kak Gaspar dan Kak Sabino. Trimakasih atas dukungan dan motivasi selama dari awal kuliah sampai lulus.
7. Kak Alfredo, dan Ibunda dan Anak-anaknya. Terimakasih atas dukunganya selama dari awal kuliah sampai lulus.
8. Maun Eddy, Alin Dino, Atoy and Tufu Dete, Ancha, Anita, Merry, Nica, Ryna. Trimakasih selama ini

Penulis menyadari bahwa penyusunan skripsi ini masih jauh dari sempurna. Demikian jika ada kekurangan dalam hal isi maupun sistematis penulisannya, oleh karena itu sangat diharapkan kritik dan saran yang sifatnya membangun.

Malang.....September 2017

Penulis

LEMBAR PERSEMBAHAN

Dengan segala puja dan puji syukur kepada tuhan yang Maha Esa dan atas dukungan dan do'a dari orang-orang tercinta, akhirnya skripsi ini dapat dirampungkan dengan baik dan tepat pada waktunya. Oleh karena itu, dengan rasa bangga dan bahagia saya khaturkan rasa syukur dan trimakasih saya kepada.

Tuhan YME, karena hanya atas izin dan karuniaNya maka skripsi ini dapat dibuat dan selesai pada waktunya. Puji syukur yang tak terhingga pada tuhan penguasa alam yang merindhoi dan mengabulkan segala doa.

Bapak dan ibu saya (shaltau), yang telah memberikan dukungan moral maupun materi serta do'a yang tiada henti untuk kesuksesan saya, karena tiada kata seindah lantunan do'a dan tiada do'a yang paling khusus selain do'a yang terucap dari orang tua. Ucapan trimakasih saja takkan pernah cukup untuk membalas kebaikan orang tua., karena itu terimalah persembahan bakti dan cinta ku kalian bapak dan ibu.

untuk ayah dan & ibu.... Trimakash....

We always loving you..... (Apeu . Anakmu)

Kak Toy, Istri dan Kak Gaspar and Kak Sabino (Shaltau), yang telah memberikan dukungan moral maupun materi dan financial serta do'a yang tiada henti untuk kesuksesan saya, karena tiada kata seindah lantunan do'a dan tiada do'a yang paling khusus selain do'a yang terucap dari Kak. Ucapan trimakasih saja takkan pernah cukup untuk membalas kebaikan Kak., karena itu terimalah persembahan bakti dan cinta ku kalian Kak.

Untuk Kak.... Trimakash....

We always loving you..... (Apeu . Adikmu)

Bapak dan ibu dosen pembimbing, penguji dan pengajar, yang selama ini, telah tulus dan ikhlas meluangkan waktunya untuk menuntundan mengarahkan saya, memberikan bimbingan dan pelajaran yang tiada ternilai harganya, agar saya menjadi lebih baik. Terimakasih banyak bapak dan ibu dosen, saja kalian akan selalu terpatrit di hati.

Saudara saya Kakak dan Adik (eastt timor), yang senantiasa memberikan dukungan, semangat senyum dan do'anya untuk keberhasilan ini, cinta kalian adalah memberikan keboran semangat yang menggebu, terimakasih dan sayang ku untuk kalian.

Hidup terlalu berat untuk megandalkan diri sendiri tanpa melibatkan bantuan tuhan dan orang lain.

“tak ada tempat terbaik untuk berkeluh kesah selain bersama sahabat sahabat terbaik”

sahabat dan teman engineering 013 tersayang tanpa semangat, dukungan dan bantuan kalian semua tak akan mungkin aku sampai disini, trimakasih untuk kenangan manis yang telah mengukir selama ini. Dengan perjuangan dan kebersamaan kita pasti bisa! semangat!!

Kalian semua bukan hanya menjadi teman dan adik yang baik,

Kalian adalah saudara bagiku!!

Trimakasih sebesar-besarnya untuk kalian semua, akhir kata saya persembahkan skripsi ini untuk kalian semua, orang-orang yang saya sayangi. Dan semoga skripsi ini dapat bermanfaat dan berguna untuk kemajuan ilmu pengetahuan di masa yang akan datang, Aamiinnn. By Apeu Shaltau.

Jatu berdiri lagi. Kalah mencoba lagi.gagal bangkit lagi.

Never give up!

Harta yang tak pernah habis adalah ilmu pengetahuan dan ilmu yang tak ternilai adalah pendidikan.

Harta yang paling mahal di dunia adalah keluarga

DAFTAR ISI

LEMBAR JUDUL	i
LEMBAR PERSETUJUAN SKRIPSI	ii
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	iii
LEMBAR KEASLIAN SKRIPSI	iv
ABSTRAKSI	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	ix
NOTASI	x
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Maksud Dan Tujuan	2
1.4. Batasan Masalah	3
1.5. Manfaat	3
BAB II LANDASAN TEORI	
2.1 Umum.....	4
2.2 Jenis Kolom.....	6
2.3 Perilaku Kolom Senggang Persegi Dan Spiral.....	6
2.4 Syarat –syarat kolom.....	8
2.5 Perencanaan Kolom	9

2.6 Kapasitas Kolom	12
2.7 Kolom Penampang Bulat/ Lingkaran	14
2.8 Penulangan Kolom	16
2.9 Diagram Interaksi Kolom	17
2.10 Analisa Pembebanan Struktur	18
a. Beban Mati	19
b. Beban Hidup	19
c. Beban Gempa	19
2.11 Kategori Design Seismik	22
2.12 Parameter Sistem Gaya Struktur Penahan Gaya Seismik	23
2.13 Periode Alami Struktur	24
2.14 Perhitungan Koefisien Respons Seismik	26
2.15 Respons Spectra	27
2.16 Koefisien Koefisien Situs Dan Parameter-Parameter Respons Espectra Percepatan Gaya Maksimum Yang Dipertimbangkan Resiko Tertarget ($M_{ce,r}$)	28
2.17 Parameter- Parameter Spectra Design	30
2.18 Produser Pembuatan Respons Spektra Desain Berdasarkan Sni 03 –1726 - 2013	30
2.19 Gaya Dasar Seismik	32
2.10 Simpangan Antara Lantai	32
2.21 Arah Pembebanan Gempa Horizontal	33
2.22 Kombinasi Pembebanan	33
2.23 Bangunan Tahan Gempa	34

2.24 Pengertian Sistem Rangka Pemikul Momen.....	37
2.26 Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa	37
2.27 Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah	38
2.28 Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus.....	38
2.29 Wilayah Gempa.....	39
2.30 Pengertian Balok	41
2.30.1 Keruntuhan Lentur	42
2.30.2 Keruntuhan Geser	44
2.30.3 Tulangan Geser Pada Balok.....	45
2.30.4 Perencanaan Balok T.....	47
2.31 Pengertian Kolom.....	54
2.31.1 Penulangan Geser Kolom.....	58
2.31.2 Batas Spasi Tulangan Geser.....	59
2.31.3 Tulangan Trasversal Kolom.....	59
2.32 Hubungan Balok Kolom	61
 BAB III DATA PERENCANAAN	
3.1.1 Data Bangunan	68
3.1.2 Perhitungan Gedung Dengan Kolom Bulat.....	68
3.2 Data Pembebanan.....	71
3.3 Perencanaan Dimensi Balok	72
3.3.1 Dimensi Balok.....	72
3.3.2 Dimensi Kolom	73
3.3.3 Dimensi Plat.....	74

3.3 Perhitungan Pembebanan Struktur.....	77
3.3.1 Pembebanan Pada Atap.....	77
3.3.2 Perhitungan Pembebanan Pada Lantai	77
3.4 Langkah – Langkah Pendimensian Struktur 3D	80
3.6 Gamabr Dan Perhitungan Pusat Masa	85
3.7 Wilay Gempa Dan Spectrum Respons	92
3.8 Mementukan Kategori Resiko Banguna Dan Faktor Keuntungan.....	94
3.9 Menentukan Kategori Design Siesmik.....	96
3.10 Menentukan Nilai SDS Dan SDI	98
3.11 Membuat Spektrum Respons Design	99
3.12 Batasan Penggunaan Prosedur Analisa Gaya Lateral	101
3.13 Menentukan Faktor R,Cd, Dan Ω_0	101
3.14 Menghitung Nilai Base Shear	102
3.15 Perhitungan Eksentrisitas	106

BAB IV PERHITUNGAN PENULANGAN STRUKTUR

4.1 Perhitungan Penulangan Balok	118
a. Perhitungan Penulangan Tumpuan Kiri Join 3804	120
b. Perhitungan Penulangan Lapangan 3247	125
c. Perhitungan Penulangan Tumpuan Kiri 507	132
4.1.2 Perhitungan Penulangan Geser Balok.....	140
4.2 Perhitungan Penulangan Kolom.....	151
➤ Perhitungan Diagram Interaksi Kolom	156
4.2.1 Perhitungan Penulangan Geser Kolom	172

4.2.2 Perhitungan Balok Kolom.....	178
4.3 Perhitungan Penulangan Tulangan.....	180

BAB V KESIMPULAN & SARAN

5.1 Kesimpulan	184
5.2 Saran.....	186

Daftar Pustaka

Lampiran

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Berdasarkan SNI 1726-2012 dalam menentukan kategori resiko gedung banguna	22
Tabel 2.2 Faktor keuntungan gempa	23
Tabel 2.3 Kategori design seismik	23
Tabel 2.4 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode 1 detik.....	24
Tabel 2.5 Faktor koefisien modifikasi respons (R)	24
Tabel 2.6 Nilai parameter periode pendekatan C_r dan X	26
Tabel 2.7 koefisien untuk batas atas pada periode yang dihitung	26
Tabel 2.8 Klasifikasi situs	29
Tabel 2.9 Koefisien situs, F_a	30
Tabel 2.10 Koefisien situs, F_v	30
Tabel 3.1 Mengisi nilai beban gempa	82
Tabel 3.2 Berat dan kordinat lantai 2	87
Tabel 3. 3 Berat dan kordinat lantai 3	87
Tabel 3.4 Berat dan kordinat lantai 4	88
Tabel 3.5 Berat dan kordinat lantai 5	89
Tabel 3.6 Berat dan kordinat lantai 6	90
Tabel 3.7 Berat dan kordinat lantai 7	90
Tabel 3.8 berat dan kordinat lantai atap	91
Tabel 3.9 Kordinat perlantai	92

Tabel 3.10 Berat bangunan per lantai	93
Tabel 3.12 Kategori resiko bangunan gedung dan non gedung untuk beban gempa	96
Tabel 3.13 Faktor keuntungan gempa	97
Tabel 3.14 Klasifikasi situs	98
Tabel 3.15 Klasifikasi situs Fa	98
Tabel 3.16 Klasifikasi situs Fv	98
Tabel 3.17 Kategori design seismik berdasarkan parameter repons percepatan pada periode pendek	100
Tabel 3.18 Kategori design seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode 1 detik	100
Tabel 3.19 Koefisien untuk batas atas pada periode yang dihitung	101
Tabel 3.20 Koefisien untuk batas atas pada periode yang dihitung	101
Tabel 3.21 Faktor R, Cd dan Ω_0 untuk sistem penahan gaya gempa	102

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Jeni – Jenis kolom	6
Gambar 2.2 Keruntuhan kolom persegi dan spiral.....	7
Gambar 2.3 Kontribusi tulangan spiral	8
Gambar 2.4 Kolom sentris dan kolom eksentris	13
Gambar 2.5 Spektrum Respons Desain	31
Gambar 2.6 Peta Respons Spektra Percepatan 0,2 detik	40
Gambar 2.7 Desain Spektra Indonesia	41
Gambar 1 Keruntuhan balok beton bertulang	42
Gambar 2 Tegangan regangan balok beton bertulang yang menerima momen positif	42
Gambar 2.8 Gaya geser desain.....	45
Gambar 2.9 Perencanaan balok T	47
Gambar 2.10 Diagram regangan yang bekerja pada balok persegi	48
Gambar 2.11 Diagram yang bekerja pada balok T	50
Gambar 2.12 Diagram geser	54
Gambar 3 Tegangan regangan beton bertulang	55

Gambar 2.13 Kolom Bulat	61
Gambar 2.14 Geser Design untuk balok kolom	62
Gambar 2.15 Ilustrasi sambungan balok kolom SNI 2847 – 2013	63
Gambar 3.1 Portal 3 D dalam isometri	84
Gambar 3.2 Render 3 D portal tampak depan	85
Gambar 3.3 Potongan lantai 2	85
Gambar 3.4 Potongan lantai 3	86
Gambar 3.5 Potongan lantai 4	87
Gambar 3.6 Potongan lantai 5	88
Gambar 3.7 Potongan lantai 6	89
Gambar 3.8 Potongan lantai 7	90
Gambar 3.9 Potongan lantai atap	91
Gambar 3.10 Garafik nilai spektrum percepatan gempa	94
Gambar 4.1 Diagram tegangan regangan pada penulangan tumpuan kriri join 3804, kontrol momen negatif	122
Gambar 4.3 Diagram tegangan regangan pada penulangan lapangan 3247, kontrol momen negatif	126

Gambar 4.4 Diagram tegangan regangan pada penulangan lapangan 3247, kontrol momen positif	130
Gambar 4.5 Diagram tegangan regangan pada penulangan tumpuan kiri 507, kontrol momen negatif	133
Gambar 4.6 Diagram tegangan regangan pada penulangan tumpuan kiri 507, kontrol momen positif	137
Gambar 4.7 Penulangan geser (sengkang) pada balok	150
Gambar 4.8 Diagram tegangan	157
Gambar 4.9 Diagram tegangan regangan kondisi patah desak	162
Gambar 4.10 Diagram tegangan regangan kondisi lentur murni	167
Gambar 4.11 Grafik diagram interaksi kolom	172
Gambar 4.12 Penulangan geser kolom	177
Gambar 4.13 Pertemuan balok kolom.....	178
Gambar 4.14 Pertemuan balok kolom di join	180
Gambar 4.15 Pendetailan balok kolom 199	183

DAFTAR NOTASI BETON

- A Percepatan puncak Gempa Rencana pada taraf pembebanan nominal sebagai gempa masukan untuk analisis respons dinamik linier riwayat waktu struktur gedung
- A_m Percepatan respons maksimum atau Faktor Respons Gempa maksimum pada Spektrum Respons Gempa Rencana
- A_o Percepatan puncak muka tanah akibat pengaruh Gempa Rencana yang bergantung pada Wilayah Gempa dan jenis tanah tempat struktur gedung berada
- A_r Pembilang dalam persamaan hiperbola Faktor Respons Gempa C pada Spektrum Respons Gempa Rencana.
- b Ukuran horisontal terbesar denah struktur gedung pada lantai tingkat yang ditinjau, diukur tegak lurus pada arah pembebanan gempa; dalam subskrip menunjukkan struktur bawah.
- c Dalam subskrip menunjukkan besaran beton.
- C Faktor Respons Gempa dinyatakan dalam percepatan gravitasi yang nilainya bergantung pada waktu getar alami struktur gedung dan kurvanya ditampilkan dalam Spektrum Respons Gempa Rencana.
- C_v Faktor Respons Gempa vertikal untuk mendapatkan beban gempa vertikal nominal statik ekuivalen pada unsur struktur gedung yang memiliki kepekaan yang tinggi terhadap beban gravitasi.
- C_1 Nilai Faktor Respons Gempa yang didapat dari Spektrum Respons

Gempa Rencana untuk waktu getar alami fundamental dari struktur gedung.

- d Dalam subskrip menunjukkan besaran desain atau dinding geser.
- d_i Simpangan horisontal lantai tingkat i dari hasil analisis 3 dimensi struktur gedung akibat beban gempa nominal statik ekuivalen yang menangkap pada pusat massa pada taraf lantai-lantai tingkat.
- D_n Beban mati nominal yang dapat dianggap sama dengan beban mati rencana yang ditetapkan dalam standar-standar pembebanan struktur gedung.
- e Eksentrisitas teoretis antara pusat massa dan pusat rotasi lantai tingkat struktur gedung; dalam subskrip menunjukkan kondisi elastik penuh.
- e_d Eksentrisitas rencana antara pusat massa dan pusat rotasi lantai tingkat struktur gedung.
- E_c Modulus elastisitas beton
- E_n beban gempa nominal yang nilainya ditentukan oleh besarnya probabilitas beban itu dilampaui dalam kurun waktu tertentu, oleh faktor daktilitas struktur gedung μ mengalaminya dan oleh faktor kuat lebih beban dan bahan f_l yang terkandung didalam struktur gedung tersebut.
- E_s Modulus elastisitas baja (= 200 GPa)
- f Faktor kuat lebih total yang terkandung di dalam struktur gedung secara keseluruhan, rasio antara beban gempa maksimum akibat

pengaruh Gempa Rencana yang dapat diserap oleh struktur gedung pada saat mencapai kondisi di ambang keruntuhan dan beban gempa nominal.

- f1 Faktor kuat lebih beban dan bahan yang terkandung di dalam suatu struktur gedung akibat selalu adanya pembebanan dan dimensi penampang serta kekuatan bahan terpasang yang berlebihan dan nilainya ditetapkan sebesar 1,6.
- F2 Faktor kuat lebih struktur akibat kehiperstatikan struktur gedung yang menyebabkan terjadinya redistribusi gaya-gaya oleh proses pembentukan sendi plastis yang tidak serempak bersamaan; rasio antara beban gempa maksimum akibat pengaruh Gempa Rencana yang dapat diserap oleh struktur gedung pada saat mencapai kondisi diambang keruntuhan dan beban gempa pada saat terjadinya pelelehan pertama.
- F_b Beban gempa horisontal nominal statik ekuivalen akibat gaya inersia sendiri yang menangkap pada pusat massa pada taraf masing-masing lantai besmen struktur bawah gedung.
- F_i Beban gempa nominal statik ekuivalen yang menangkap pada pusat massa pada taraf lantai tingkat ke-i struktur atas gedung.
- F_p Beban gempa nominal statik ekuivalen yang menangkap pada titik berat massa unsur sekunder, unsur arsitektur dan instalasi mesin dan listrik dalam arah gempa yang paling berbahaya.
- g Percepatan gravitasi; dalam subskrip menunjukkan momen

yang bersifat momen guling.

- i Dalam subskrip menunjukkan nomor lantai tingkat atau nomor lapisan tanah.
- I Faktor Keutamaan gedung, faktor pengali dari pengaruh Gempa Rencana pada berbagai kategori gedung, untuk menyesuaikan perioda ulang gempa yang berkaitan dengan penyesuaian probabilitas dilampauinya pengaruh tersebut selama umur gedung itu dan penyesuaian umur gedung itu.
- I_1 Faktor Keutamaan gedung untuk menyesuaikan perioda ulang gempa yang berkaitan dengan penyesuaian probabilitas terjadinya gempa itu selama umur gedung.
- I_2 Faktor Keutamaan gedung untuk menyesuaikan perioda ulang gempa yang berkaitan dengan penyesuaian umur gedung.
- k Dalam subskrip menunjukkan kolom struktur gedung.
- K_p Nilai koefisien pembesaran respons unsur sekunder, unsur arsitektur atau instalasi mesin dan listrik, bergantung pada ketinggian tempat kedudukannya terhadap taraf penjepitan lateral.
- L_n Beban hidup nominal yang dapat dianggap sama dengan beban hidup rencana yang ditetapkan dalam standar-standar pembebanan struktur gedung.
- m Jumlah lapisan tanah yang ada di atas batuan dasar.
- M Momen lentur secara umum.
- M_{gm} Momen guling maksimum dari struktur atas suatu gedung yang

bekerja pada struktur bawah pada taraf penjepitan lateral pada saat struktur atas berada dalam kondisi di ambang keruntuhan akibat dikerahkannya faktor kuat lebih total f yang terkandung di dalam struktur atas, atau akibat pengaruh momen leleh akhir sendi-sendi plastis pada kaki semua kolom dan semua dinding geser.

M_n Momen nominal suatu penampang unsur struktur gedung akibat pengaruh Gempa Rencana pada taraf pembebanan nominal, atau akibat pengaruh momen leleh sendi plastis yang sudah direduksi dengan faktor kuat lebih beban dan bahan f_l .

M_y Momen leleh awal sendi plastis yang terjadi pada ujung-ujung unsurstruktur gedung, kaki kolom dan kaki dinding geser pada saat di dalam struktur tersebut akibat pengaruh Gempa Rencana terjadi pelelehan pertama.

$M_{y,d}$ Momen leleh awal sendi plastis yang terjadi pada kaki dinding geser.

$M_{y,k}$ Momen leleh awal sendi plastis yang terjadi pada kaki kolom.

n Nomor lantai tingkat paling atas (lantai puncak); jumlah lantai tingkat struktur gedung; dalam subskrip menunjukkan besaran nominal.

N Nilai hasil Test Penetrasi Standar pada suatu lapisan tanah; gaya normal secara umum

N_i Nilai hasil Test Penetrasi Standar pada lapisan tanah ke- i .

\bar{N} Nilai rata-rata berbobot hasil Test Penetrasi Standar lapisan tanah di atas batuan dasar dengan tebal lapisan tanah sebagai besaran

pembobotnya.

- p Dalam subskrip menunjukkan unsur sekunder, unsur arsitektur atau instalasi mesin dan listrik.
- P Faktor kinerja unsur, mencerminkan tingkat keutamaan unsur sekunder, unsur arsitektur atau instalasi mesin dan listrik dalam kinerjanya selama maupun setelah gempa berlangsung.
- PI Indeks Plastisitas tanah lempung.
- Q_n Pembebanan nominal pada suatu struktur gedung, yaitu kombinasi beban-beban nominal, masing-masing tanpa dikalikan dengan faktor beban.
- Q_u Pembebanan ultimit pada suatu struktur gedung, yaitu kombinasi beban-beban ultimit, dihasilkan oleh kombinasi beban-beban nominal, masing-masing dikalikan dengan faktor beban
- R Faktor reduksi gempa, rasio antara beban gempa maksimum akibat pengaruh Gempa Rencana pada struktur gedung elastik penuh dan beban gempa nominal akibat pengaruh Gempa Rencana tersebut; faktor reduksi gempa representatif struktur gedung tidak beraturan.
- R_m Faktor reduksi gempa maksimum yang dapat dikerahkan oleh suatu jenis sistem atau subsistem struktur gedung.
- R_n Kekuatan nominal suatu struktur gedung, dihasilkan oleh kekuatan nominal unsur-unsurnya, masing-masing tanpa dikalikan dengan faktor reduksi.

- R_u Kekuatan ultimit suatu struktur gedung, dihasilkan oleh kekuatan ultimit unsur-unsurnya, yaitu kekuatan nominal yang masing-masing dikalikan dengan faktor reduksi.
- R_x Faktor reduksi gempa untuk pembebanan gempa dalam arah sumbu-x pada struktur gedung tidak beraturan.
- R_y Faktor reduksi gempa untuk pembebanan gempa dalam arah sumbu-y pada struktur gedung tidak beraturan.
- s Dalam subskrip menunjukkan besaran subsistem, struktur atau baja.
- S_u Kuat geser niralir lapisan tanah.
- S_{ui} Kuat geser niralir lapisan tanah ke-i.
- \bar{S}_u Kuat geser niralir rata-rata berbobot dengan tebal lapisan tanah sebagai besaran pembobotnya.
- t_i Tebal lapisan tanah ke-i.
- T Waktu getar alami struktur gedung dinyatakan dalam detik yang menentukan besarnya Faktor Respons Gempa struktur gedung dan kurvanya ditampilkan dalam Spektrum Respons Gempa Rencana.
- T_1 Waktu getar alami fundamental struktur gedung beraturan maupun tidak beraturan dinyatakan dalam detik.
- T_c Waktu getar alami sudut, yaitu waktu getar alami pada titik perubahan diagram C dari garis datar menjadi kurva hiperbola pada Spektrum Respons Gempa Rencana.
- u Dalam subskrip menunjukkan besaran ultimit.

- v_s Kecepatan rambat gelombang geser.
- \bar{v}_s Kecepatan rambat rata-rata berbobot gelombang geser dengan tebal lapisan tanah sebagai besaran pembobotnya.
- v_{si} Kecepatan rambat gelombang geser di lapisan tanah ke-i.
- V Beban (gaya) geser dasar nominal statik ekuivalen akibat pengaruh Gempa Rencana yang bekerja di tingkat dasar struktur gedung beraturan dengan tingkat daktilitas umum, dihitung berdasarkan waku getar alami fundamental struktur gedung beraturan tersebut.
- V_e Pembebanan gempa maksimum akibat pengaruh Gempa Rencana yang dapat diserap oleh struktur gedung elastik penuh dalam kondisi di ambang keruntuhan.
- V_m Pembebanan gempa maksimum akibat pengaruh Gempa Rencana yang dapat diserap oleh struktur gedung dalam kondisi di ambang keruntuhan dengan pengerahan faktor kuat lebih total f yang terkandung di dalam struktur gedung.
- V_n Pengaruh Gempa Rencana pada taraf pembebanan nominal untuk struktur gedung dengan tingkat daktilitas umum; pengaruh Gempa Rencana pada saat di dalam struktur terjadi pelelehan pertama yang sudah direduksi dengan faktor kuat lebih beban dan bahan f_1 .
- V_s Gaya geser dasar nominal akibat beban gempa yang dipikul oleh suatu jenis subsistem struktur gedung tertentu di tingkat dasar.
- V_t Gaya geser dasar nominal akibat pengaruh Gempa Rencana pada taraf

pembebanan nominal yang bekerja di tingkat dasar struktur gedung dan yang didapat dari hasil analisis ragam spektrum respons atau dari hasil analisis respons dinamik riwayat waktu.

V_x^o Gaya geser dasar nominal akibat pengaruh Gempa Rencana pada taraf pembebanan nominal yang bekerja dalam arah sumbu-x di tingkat dasar struktur gedung tidak beraturan.

V_y^o Gaya geser dasar nominal akibat pengaruh Gempa Rencana pada taraf pembebanan nominal yang bekerja dalam arah sumbu-y di tingkat dasar struktur gedung tidak beraturan.

V_1 Gaya geser dasar nominal yang bekerja di tingkat dasar struktur gedung tidak beraturan dengan tingkat daktilitas umum, dihitung berdasarkan waktu getar alami fundamental struktur gedung.

w_n Kadar air alami tanah.

W_b Berat lantai besmen struktur bawah suatu gedung, termasuk beban hidup yang sesuai.

W_i Berat lantai tingkat ke-i struktur atas suatu gedung, termasuk beban hidup yang sesuai.

W_p Berat unsur sekunder, unsur arsitektur atau instalasi mesin dan listrik.

W_t Berat total gedung, termasuk beban hidup yang sesuai.

x Penunjuk arah sumbu koordinat (juga dalam subskrip).

y Penunjuk arah sumbu koordinat (juga dalam subskrip); dalam subskrip menunjukkan pembebanan pada saat terjadinya pelelehan pertama di dalam struktur gedung atau momen yang bersifat momen

leleh.

- z_i Ketinggian lantai tingkat ke-i suatu struktur gedung terhadap taraf penjepitan lateral.
- z_n Ketinggian lantai tingkat puncak n suatu struktur gedung terhadap taraf penjepitan lateral.
- z_p Ketinggian tempat kedudukan unsur sekunder, unsur arsitektur atau instalasi mesin dan listrik terhadap taraf penjepitan lateral.
- β (beta) Indeks kepercayaan (*reliability index*), suatu bilangan yang bila dikalikan dengan deviasi standar distribusi besaran $\ln (R_u/Q_u)$, kemudian dikurangkan dari nilai rata-rata besaran tersebut, menghasilkan suatu nilai besaran itu yang probabilitas untuk dilampauinya terbatas pada suatu persentase tertentu, di mana R_u adalah kekuatan ultimit struktur gedung yang ditinjau dan Q_u adalah pembebanan ultimit pada struktur gedung itu.
- γ (gamma) Faktor beban secara umum.
- γ_E (gamma-E) Faktor beban untuk beban gempa nominal.
- γ_L (gamma-L) Faktor beban untuk beban hidup nominal.
- δ_m (delta-m) : Simpangan maksimum struktur gedung akibat pengaruh Gempa.
- δ_y (delta-y) : Simpangan struktur gedung akibat pengaruh Gempa Rencana pada saat terjadinya pelelehan pertama.
- ζ (zeta) : Koefisien pengali dari jumlah tingkat struktur gedung

yang membatasi waktu getar alami fundamental struktur gedung,
bergantung pada Wilayah Gempa

η (eta): Faktor pengali dari simpangan struktur gedung akibat pengaruh Gempa Rencana pada taraf pembebanan nominal untuk mendapatkan simpangan struktur gedung pada saat terjadinya pelelehan pertama.

μ (mu) :Faktor daktilitas struktur gedung, rasio antara simpangan maksimum struktur gedung akibat pengaruh Gempa Rencana pada saat mencapai kondisi di ambang keruntuhan dan simpangan struktur gedung pada saat terjadinya pelelehan pertama.

μ_m (mu-m) Nilai faktor daktilitas maksimum yang dapat dikerahkan oleh suatu sistem atau subsistem struktur gedung.

ξ (ksi) : Faktor pengali dari simpangan struktur gedung akibat pengaruh Gempa Rencana pada taraf pembebanan nominal untuk mendapatkan simpangan maksimum struktur gedung pada saat mencapai kondisi di ambang keruntuhan.

σ (sigma) Deviasi standar distribusi besaran $\ln (R_u/Q_u)$, di mana R_u adalah kekuatan ultimit struktur gedung yang ditinjau dan Q_u adalah pembebanan ultimit pada struktur gedung itu.

Σ (sigma) Tanda penjumlahan.

ϕ (phi): Faktor reduksi kekuatan secara umum.

ψ (psi): Koefisien pengali dari percepatan puncak muka tanah

(termasuk faktor keutamaannya) untuk mendapatkan faktor respons gempa vertikal, bergantung pada Wilayah Gempa.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada umumnya suatu perencanaan struktur di Indonesia terutama gedung tujuh lantai seperti gedung perkantoran, gedung sekolah, gedung hunian seperti dan lain sebagainya, menggunakan desain kolom persegi untuk menahan kekuatan balok-balok utamanya. Berbagai macam desain kolom persegi yang digunakan menggunakan dimensi yang berbeda - beda sesuai dengan fungsi bangunan dan beban yang dipikul pada bangunan tersebut. Akan tetapi terdapat beberapa elemen struktur yang menggunakan desain kolom bulat atau lingkaran.

Adanya perbedaan yang mendasar dari desain kolom persegi dan kolom bulat/lingkaran dimana kolom bulat yang berpenampang spiral lebih efektif dibandingkan dengan sengkang persegi dalam hal meningkatkan kekuatan kolom. Selain itu kolom bulat berpenampang spiral mempunyai daktilitas lebih baik dibandingkan kolom persegi yang mempunyai bentuk sengkang tunggal dengan jarak antara yang relatif besar, sehingga adanya spiral ini mempengaruhi baik beban batas maupun keruntuhan dibandingkan dengan kolom yang sama tetapi memakai sengkang.

Dalam skripsi ini penulis ingin mengetahui bagaimana kekuatan kolom bulat yang bisa menahan beban gedung beton bertulang 7 lantai ini. Gedung Kantor Pusat Stikes Kepanjen Kota Malang merupakan bangunan bertingkat tujuh lantai, dimana fungsi gedung ini adalah sebagai gedung Kantor Pusat yang memiliki struktur bangunan tujuh lantai yang pada pelaksanaan pekerjaannya

gedung ini menggunakan kolom struktur persegi. Pada penyusunan proposal ini penulis merubah desain kolom persegi menjadi kolom bulat/lingkaran, dengan tidak merubah desain lain yang telah ada pada gedung ini seperti desain balok, tebal plat, mutu beton, mutu baja, pondasi, tangga, dan sebagainya. Perubahan yang dilakukan dengan mendasari perencanaan awal dengan tidak merubah desain awal gedung, dimana analisa ini hanya merubah penampang kolom persegi menjadi kolom bulat sehingga diperoleh bagaimana kekuatan gedung tersebut dengan aplikasi kolom bulat.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan permasalahan yang telah diuraikan diatas maka dapat diambil rumusan masalah, yaitu:

- a) Berapa dimensi kolom bulat dan balok yang mampu menahan beban gempa rencana yang bekerja pada elemen struktur kolom?
- b) Berapa jumlah tulangan yang diperlukan balok dan kolom agar mampu memikul beban gempa?
- c) Bagaimana gambar detail penulangan kolom bulat dari hasil perencanaan?

1.3 Tujuan

Tujuan dari penulisan proposal skripsi ini adalah:

- a) Untuk mengetahui ukuran penampang balok dan kolom yang mampu menahan beban gempa rencana yang bekerja dan formasi elemen balok dan kolom.

- b) Mengetahui jumlah tulangan yang diperlukan kolom dan balok agar mampu memikul beban gempa pada wilayah kepanjen kota malang.
- c) Untuk mengambar penulangan lebih detail supaya bisa mengetahui tulangan tekan dan tarik

1.4 Batasan Masalah

Ruang lingkup pembahasan Proposal Skripsi ini dibatasi pada:

- a) Struktur yang di tinjau hanya struktur atas saja;
- b) Meninjau kolom berpenampang bulat dengan tulangan longitudinal dan tulangan spiral
- c) Design tulangan hanya meliputi perhitungan balok dan kolom

1.5 Manfaat Kajian

- a) Teoritis

Diharapkan dapat memberikan manfaat dan informasi secara lebih detail dalam tata-cara perencanaan sturuktur gedung bertingkat tahan gempa.

- b) Praktis

Dalam hasil perencanaan struktur tahan gempa 7 lantai pada bangunan gedung Kantor Pusat Stikes Kepanjen Kota Malang maka diharapkan dapat diketahui beban gempa yang bekerja pada struktur dan dapat merencanakan struktur yang mampu menahan beban gempa rencana.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Umum

Kolom adalah batang tekan vertikal dari rangka (*frame*) struktur yang memikul beban dari balok. Kolom meneruskan beban - beban dari elevasi atas ke elevasi yang lebih bawah hingga akhirnya sampai ke tanah melalui fondasi. Karena kolom merupakan suatu elemen struktur komponen tekan, maka keruntuhan pada suatu kolom merupakan lokasi kritis yang dapat menyebabkan *collapse* (runtuhnya) lantai yang bersangkutan dan juga runtuh batas total (ultimate total collapse) seluruh strukturnya.

Keruntuhan kolom struktur merupakan hal yang sangat berarti ditinjau dari segi ekonomi maupun segi manusiawi. Oleh karena itu dalam merencanakan kolom perlu lebih waspada, yaitu dengan memberikan kekuatan cadangan yang lebih tinggi daripada yang dilakukan pada balok dan elemen struktur horizontal lainnya, terlebih lagi karena keruntuhan tekan tidak memberikan peringatan awal yang cukup jelas. (*sumber Dr. Edward G. Nawy, P.E. Beton Bertulang*)

Fungsi kolom adalah sebagai penerus beban seluruh bangunan ke pondasi. Bila diumpamakan, kolom itu seperti rangka tubuh manusia yang memastikan sebuah bangunan berdiri. Kolom termasuk struktur utama untuk meneruskan berat bangunan dan beban lain seperti beban hidup (manusia dan barang-barang), serta beban hembusan angin. Kolom berfungsi sangat penting, agar bangunan tidak mudah roboh. Beban sebuah bangunan dimulai dari atap. Beban atap akan meneruskan beban yang diterimanya ke kolom. Seluruh beban yang diterima

kolom didistribusikan ke permukaan tanah di bawahnya. Kesimpulannya, sebuah bangunan akan aman dari kerusakan bila besar dari jenis pondasinya sesuai dengan perhitungan. Namun, kondisi tanah pun harus benar-benar sudah mampu menerima beban dari pondasi. Kolom menerima beban dan meneruskannya ke pondasi. Struktur dalam kolom dibuat dari besi dan beton. Keduanya merupakan gabungan antara material yang tahan tarikan dan tekanan. Besi adalah material yang tahan tarikan, sedangkan beton adalah material yang tahan tekanan. Gabungan kedua material ini dalam struktur beton memungkinkan kolom atau bagian struktural lain seperti sloof dan balok bisa menahan gaya tekan dan gaya tarik pada bangunan.

2.2 Jenis-Jenis Kolom

Dalam buku struktur beton bertulang (*Istimawan dipohusodo*, 1994) ada tiga jenis kolom beton bertulang yaitu:

- a Kolom ikat (*tie column*)
- b. Kolom spiral (*spiral column*)
- c. Kolom komposit (*composite column*)

Adapun penjelasan dari masing-masing kolom diatas sebagai berikut:

- a. Kolom menggunakan pengikat sengkang lateral

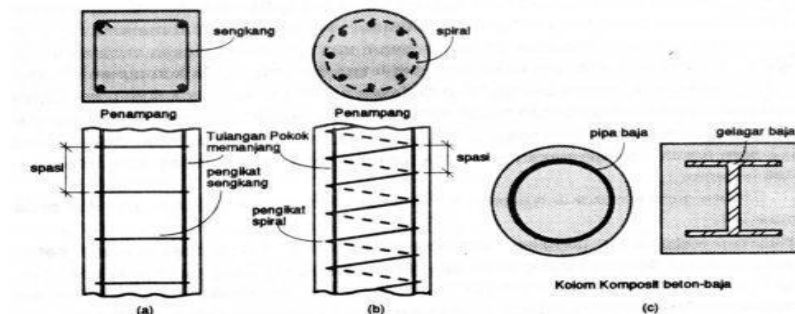
Kolom ini merupakan kolom beton yang ditulangi dengan batang tulangan pokok memanjang, yang pada jarak spasi tertentu diikat dengan pengikat sengkang ke arah lateral. Tulangan ini berfungsi untuk memegang tulangan pokok memanjang agar tetap kokoh pada tempatnya. Terlihat dalam gambar 2.1 .(a).

b. Kolom menggunakan pengikat spiral

Bentuknya sama dengan yang pertama hanya saja sebagai pengikat tulangan pokok memanjang adalah tulangan spiral yang dililitkan keliling membentuk heliks menerus di sepanjang kolom. Fungsi dari tulangan spiral adalah memberi kemampuan kolom untuk menyerap deformasi cukup besar sebelum runtuh, sehingga mampu mencegah terjadinya kehancuran seluruh struktur sebelum proses redistribusi momen dan tegangan terwujud. Seperti pada gambar 2.1.(b).

c. Struktur kolom komposit

Seperti tampak pada gambar 2.1.(c). Merupakan komponen struktur tekan yang diperkuat pada arah memanjang dengan gelagar baja profil atau pipa, dengan atau tanpa diberi batang tulangan pokok memanjang.



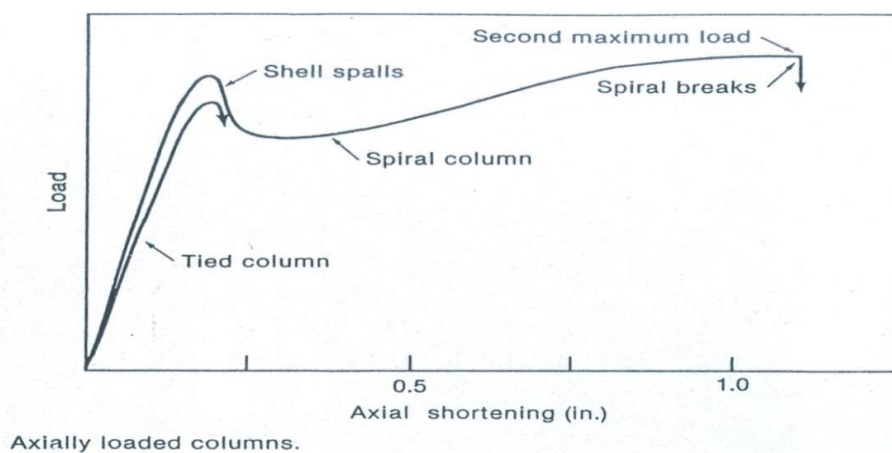
Gambar 2.1 Jenis-Jenis

2.3 Perilaku Kolom Sengkan Persegi dan Spiral

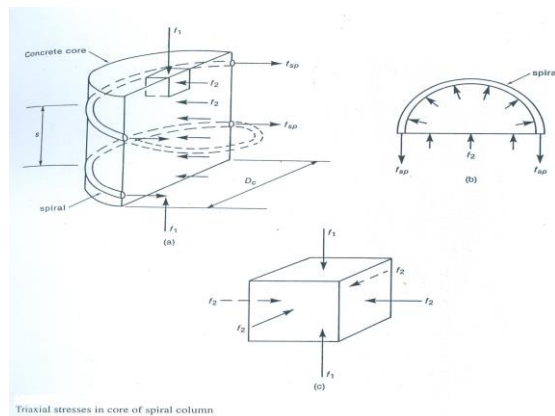
Tulangan sengkang pada kolom berfungsi mencegah tulangan longitudinal menekuk keluar dan menahan ekspansi lateral beton inti akibat menerima beban aksial. Pada kolom sengkang persegi, tulangan sengkang mempunyai jarak tertentu yang berarti juga merupakan jarak sokongan tulangan longitudinal, apabila kolom

persegi diberi beban aksial sampai runtuh, mula-mula beton pembungkus (beton diluar tulangan sengkang) akan pecah (gompal) dan setelah itu tulangan longitudinal akan menekuk keluar karena beton pembungkus (yang berfungsi sebagai sokongan lateral) sudah hancur, tulangan sengkang juga akan bengkok keluar karena beton mengalami ekspansi keluar akibat beban aksial, yang pada akhirnya akan menyebabkan kolom runtuh, kejadian ini seringkali terjadi tiba-tiba pada struktur kolom persegi.

Sedangkan apabila kolom spiral dibebani aksial sampai runtuh, perilaku keruntuhan berbeda dengan kolom persegi dan relatif lebih baik. Ketika beton pembungkus mulai pecah (gompal), kolom tidak runtuh tiba-tiba, karena kekuatan beton inti masih bisa memberikan kontribusi menahan beban akibat sokongan tulangan spiral (seperti pada gambar 2.1), yang selanjutnya kolom akan berdeformasi lebih lanjut sampai tulangan longitudinal leleh dan kolom runtuh. Gompal pada pembungkus beton sebagai peringatan akan terjadi keruntuhan kolom apabila beban terus bertambah, walaupun beton inti masih dapat sedikit memikul beban lagi sampai akhirnya runtuh. Hal ini menjadikan kolom spiral lebih daktail (runtuh bertahap) dibanding kolom persegi.



Gambar 2.2 keruntuhan kolom persegi dan spiral



Gambar 2.3 kontribusi tulangan spiral pada

Perilaku keruntuhan pada kolom persegi dan spiral diatas digambarkan pada diagram beban-lendutan akibat aksial, pada mulannya, kedua kurva sama, ketika beban terus meningkat sampai maksimum, kolom persegi akan runtuh tiba-tiba dan kolom spiral akan mengalami keruntuhan bertahap.

2.4 Syarat-Syarat Kolom

2.4.1 Kolom dengan lilitan spiral

- Apabila ukuran melintang minimum kolom tidak ditentukan lain oleh pembatasan tulangan, maka dalam segala hal kolom struktural dengan lilitan spiral tidak boleh mempunyai ukuran penampang kurang dari 17 cm.
- Dalam segala hal, luas tulangan memanjang kolom tidak boleh diambil kurang dari 1% dari luas penampang teras beton, dengan minimum 6 buah batang tulangan. Diameter (diameter pengenalan) tulangan memanjang tidak boleh diambil kurang dari 10 mm.
- Jarak bersih antar tulangan spiral tidak boleh melebihi 75 mm dan juga

tidak kurang dari 25 mm.

- d. Dalam segala hal, luas tulangan memanjang kolom tidak boleh diambil lebih dari 6% dari luas penampang beton yang ada. Apabila tulangan memanjang kolom disambung dengan sambungan lewatan pada stek maka luas tulangan memanjang maksimum sedapat mungkin dibatasi sampai 4% dari luas penampang beton yang ada.
- e. Penampang teras beton yang dikurung oleh lilitan spiral senantiasa harus berbentuk bulat. Bentuk luar dari penampang, kecuali bulat dapat juga bujur sangkar, segi delapan, segi enam dan lain-lain. Tulangan memanjang harus disebar merata sepanjang keliling teras beton.
- f. Jika lilitan spiral tidak boleh diambil lebih dari $\frac{1}{5}$ dari diameter teras beton atau 7,5 cm dan tidak boleh diambil kurang dari diameter batang spiral ditambah 2,5 cm. Diameter batang spiral tidak boleh diambil kurang dari $\frac{1}{4}$ diameter (diameter pengenalan) batang tulangan memanjang yang terbesar dengan minimum 6 mm pada jenis baja lunak dan baja sedang dan 5 mm pada jenis baja keras. Sambungan dari batang spiral harus berupa sambungan lewatan dengan jarak minimum sebesar setengah lilitan, kemudian membengkok kedua ujung batang spiral 90° kedalam sepanjang setengah diameter teras beton.

2.5 Perencanaan Kolom

Kolom beton bertulang sulit untuk dianalisis dan didesain karena sifat komposit pada materialnya, keadaan rumit tegangan yang diakibatkan beban aksial dan lentur, serta karena beban aksial tekan yang dapat menyebabkan

terjadinya tekuk. Ada dua jenis kolom beton bertulang, yaitu yang bertulangan spiral dan biasanya berpenampang lingkaran, dan yang bersengkang dan biasanya berpenampang persegi panjang. Spiral dan sengkang berfungsi memegang tulangan memanjang dan mencegah pemisahan dan tekuk tulangan itu sendiri. Kolom bertulangan spiral mempunyai perilaku yang lebih diinginkan pada keadaan yang dekat gagal, dan dalam memikul beban lateral, dibandingkan dengan yang bersengkang, meskipun yang disebut terakhir ini lebih murah dan mudah dibuat. Perilaku yang berbeda ini diwujudkan dengan penggunaan harga-harga f yang berbeda pada cara desain kekuatan batas. (Daniel L. Schodeck, 1999:285). Dalam perencanaan kolom yang dibebani aksial dan lentu harus memenuhi peraturan pada SNI 03-2847-2013, hal 74-75 yaitu sebagai berikut:

1. Perencanaan penampang yang di bebani lentur atau aksial atau kombinasi beban lentur dan aksial harus didasarkan atas kompatibilitas regangan dan tegangan dengan menggunakan asumsi dalam 10.2 SNI 03-2847-2013.
2. Kondisi regangan seimbang terjadi pada penampang ketika tulangan tarik mencapai regangan yang berhubungan dengan tegangan leleh f_y pada saat yang bersama dengan tercapainya regangan batas 0,003 pada bagian beton yang tertekan.
3. Penampang adalah terkendali tekan jika regangan tarik dalam baja tarik terjauh ξ_t , sama dengan atau kurang dari batas regangan terkontrol tarik bila beton tekan mencapai batas regangan asumsi sebesar 0,003. Batas regangan terkendali tekan adalah regangan seimbang. Untuk tulangan

mutu 420 Mpa, untuk semua tulangan prategang, diizinkan untuk menetapkan batas regangan. Terkendali tekan sama dengan 0,002.

4. Penampang adalah terkendali tarik jika regangan tarik neton dalam baja tarik terjauh ϵ_t , sama dengan atau lebih besar dari 0,005 bila beton tekan mencapai batas regangan asumsi sebesar 0,003. Penampang dengan ϵ_t , antara batas regangan terkendali tekan dan 0,005 membentuk daerah transisi antara penampang terkandali tekan dan terkandali tarik.
5. Untuk komponen struktur lentur non prategan dan struktur nonprategan dengan beban aksial terfaktor kurang dari $0.10 f_c' A_g$, ϵ_t pada kekuatan nominal tidak boleh kurang dari 0,004. Pemakaian tulangan tekan diizinkan terkait dengan tulangan tarik tambahan untuk mrningkatkan kekuatan komponen struktur lentur.
6. Desain beban aksial ϕP_n dari komponen sruktur tekan tidak boleh lebih besar dari $\phi P_{n,max}$, yang diitung dengan persamaan sebagai berikut :
 - Untuk komponen struktur non-prategan dengan tulangan spiral yang memenuhi 7.10.4 atau komponen struktur komposit yang memenuhi 10.13: $\phi P_n(max) = 0,85 (0,85 f_c' (A_g - A_{st}) + f_y A_{st})$
 - Untuk komponen struktur non-prategang dengan tulangan pengikat yang memenuhi 7.10.5 : $\phi P_n(max) = 0,85 (0,85 f_c' (A_g - A_{st}) + f_y A_{st})$
 - Untuk komponen struktur prategang, kekuatan aksial desain, ϕP_n tidak boleh diambil lebih besar 0,85 (untuk komponen struktur

dengan tulangan spiral) atau 0,80 (untuk komponen struktur dengan tulangan pengikat) dari kekuatan aksial desain pada eksentrisitas nol ϕP_n .

2. Komponen struktur yang dibebani aksial tekan harus didesain terhadap momen maksimum yang mungkin menyertai beban aksial. Beban aksial terfaktor P_u dengan eksentrisitas yang ada tidak boleh melampaui nilai yang diberikan dalam 10.3.6. momen terfaktor maksimum M_u harus diperbesar untuk memperhitungkan pengaruh kelangsingan sesuai dengan 10.10

2.6 Kapasitas Kolom

kapasitas suatu kolom yang mengalami beban aksial murni (Axial Load only) terjadi apabila kolom hanya menahan beban sentris pada penampangnya (tampa eksentris). Pada kondisi ini gaya luar akan di tahan kolom yang secara matematis dirumuskan dalam persamaan :

$$P_o = \{0,85 \cdot f_c' (A_g - A_{st}) + f_y \cdot A_{st}\}$$

Dimana:

F_c' = kuat tekan kolom yang disyaratkan (MPa)

A_g = luas penampang kolom

A_{st} = luas tulangan total

F_y = kuat tarik tulangan baja yang diizinkan (MPa)

Namun kekuatan yang dihitung dengan rumus diatas jarang sekali bisa diperoleh pada suatu kolom karena normalnya selalu ada momen pada kolom akan mereduksi kapasitas aksial kolom. Momen tersebut bisa terjadi akibat:

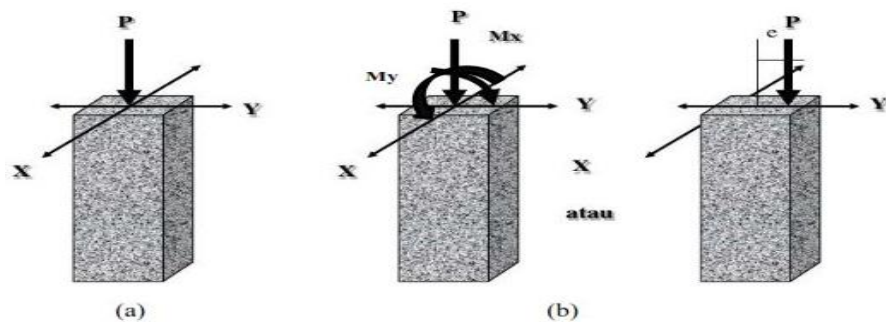
- a. Tidak konsentrisnya as kolom dari satu lantai terhadap lantai berikutnya.
- b. Mengimbangi momen pada kolom.
- c. Penulangan yang tidak sentris yang mengakibatkan tidak berhimpitnya titik berat geometriknya dengan titik berat penampang.

Untuk memperhitungkan efektif dari momen yang tidak diharapkan tersebut maka kapasitas aksial kolom harus dikalikan dengan 0,85 untuk kolom dengan spiral dan 0,8 untuk kolom dengan sengkang sehingga:

$$P_n = 0,85 * P_o \text{ (kolom dengan spiral)}$$

$$P_n = 0,80 * p_o \text{ (kolom dengan sengkang)}$$

Secara umum, kolom akan menerima beban seperti yang disajikan dalam gambar berikut:



Gambar 2.4 (a) kolom konsentris, (b) kolom eksentris

Apabila beban p bergeser dari sumbu kolom, maka timbul eksentrisitas beban pada penampang kolom. Sehingga kolom harus memikul kombinasi pembebanan aksial dan momen.

2.7 Kolom Penampang Bulat/Lingkaran

a. Kolom dengan pengaku (Tidak bergoyang)

Pada perencanaan kolom, harus memperhitungkan factor kelangsingan.

Berdasarkan SNI 2847- 2013 pasal 10.10, faktor kelangsingan momen maksimum M_u harus diperbesar pengaruh kelangsingan.

Perhitungan Nilai k

- 1) Perhitungan Momen Inersia Penampang Balok dan Kolom berdasarkan SNI 2013 pasal 13

$$K_{\text{kolom}} = I_g = 0.7 \times \frac{1}{12} \times b \times h^3 \quad (2.1)$$

$$K_{\text{balok}} = I_g = 0.35 \times \frac{1}{12} \times b \times h^3 \quad (2.2)$$

- 2) Perhitungan Modulus Elastisitas Beton berdasarkan SNI 2013 pasal 8-10,14,19

$$W_c^{1.5} \geq 0,043 \sqrt{f'_c} \quad (2.3)$$

(dalam MPa) untuk nilai W_c antara 1440 dan 2560 kg/m³ . untuk beton normal, E_c diizinkan diambil sebesar $4700 \sqrt{f}$

- 3) Perhitungan Rasio Beban Berfaktor

$$\beta d = \frac{1.4 P_d}{\sum P_u} \quad (2.4)$$

- 4) Perhitungan Kekakuan Lentur komponen struktur tekan

$$E_L = \frac{(E_c I_{g/5})}{1 + \beta_{dns}} + E_s I_s \quad (2.5)$$

- 5) Perhitungan Rasio Kekakuan Balok dan Kolom

$$\psi A = \frac{E I_{\text{kolom}} / L}{E I_{\text{balok}} / L} \quad (2.6)$$

6) Faktor Panjang Kolom

Nilai faktor panjang kolom diperoleh dari diagram Nomogram SNI 03-2847- 2002. Apabila nilai yang diperoleh dari persamaan 4.11 tidak terpenuhi, maka faktor kelangsingan perlu diperhitungkan, dalam hal ini gaya momen hasil dari statika perlu dikoreksi (diperbesar).

Pembesaran momen berdasarkan SNI 2013 pasal 10

dihitung menggunakan persamaan:

$$M_c = \delta_{ns} M_2 \quad (2.7)$$

$$\delta_{ns} = \frac{cm}{1 - \frac{pu}{0,75 \times P_c}} \geq 1.0 \quad (2.8)$$

$$P_c = \frac{\pi^2 EI}{(K \ell_u)^2} \quad (2.9)$$

$$C_m = 0,6 + 0,4 \frac{M_1}{M_2} \quad (2.10)$$

$$M_{2,min} = P_u (15,24 + 0,03h) \quad (2.11)$$

b. Kolom tanpa pengaku (Bergoyang)

Faktor kelangsingan pada struktur kolom tanpa pengaku adalah:

$$\frac{K \ell_u}{r} \geq 22 \quad (2.12)$$

Pembesaran momen pada kolom tanpa pengaku menggunakan persamaan :

$$M_c = \delta_s M_2 \quad (2.13)$$

$$\delta_s = \frac{1}{1-Q} \geq 1 \quad (2.14)$$

Untuk kolom tanpa pengaku, maka perlu dilakukan pemeriksaan terhadap kestabilan kolom dengan menggunakan persamaan:

$$Q = ((1 + \beta d) \times Q1) \leq 0.6$$

Keterangan :

M_c = Momen koreksi

M_2 = Momen terbesar hasil statika

δ_{ns} = Faktor pembesar momen untuk kolom yang ditahan terhadap goyangan ke samping

C_m = Faktor koreksi momen

P_c = Beban kritis

EI = Kekakuan lentur komponen struktur tekan

P_u = Beban aksial terfaktor

Q = Stabilitas Index

B_d = Rasio beban aksial tetap terfaktor maksimum terhadap beban aksial terfaktor maksimum

E_c = Modulus Elastisitas Beton

ψ = Rasio Kekakuan Balok dan Kolom

β_d = Rasio Beban Berfaktor

2.8 Penulangan Kolom

Batasan tulangan pada komponen struktur yang mengalami gaya tekan menurut SNI 2002 pasal 12.9.1 adalah

a. Untuk kolom dengan sengkang lateral

$$\rho_{g_{min}} = 0.01 \quad (2.15)$$

$$\rho_{g_{max}} = 0.06 \quad (2.16)$$

b. Untuk kolom dengan sengkang spiral

$$\rho_{s \min} = 0.45 \times \left[\frac{A_g}{A_c - 1} \right] \times \left[\frac{f_c}{f_y} \right] \quad (2.17)$$

c. Kebutuhan tulangan ditentukan dengan persamaan berikut

$$A_{st} = \rho \cdot A_{gr} \quad (2.18)$$

$$\rho = r \beta \quad (2.19)$$

Nilai r diperoleh dari diagram interaksi kolom, Grafik dan Tabel Perhitungan Beton Bertulang berdasarkan SKSNI T-15-1991- 03. Pada sumbu horisontal ditentukan dengan persamaan berikut:

$$\frac{P_u}{\phi \times A_{gr} \times 0.85 \times f'_c} \times \frac{e_t}{h} \quad (2.20)$$

Sumbu vertikal ditentukan dengan persamaan :

$$\frac{P_u}{\phi \times A_{gr} \times 0.85 \times f'_c} \quad (2.21)$$

Keterangan : A_{st} = Luas penampang tulangan

A_{gr} = Luas penampang kolom

β = faktor mutu beton

2.9 Diagram Interaksi Kolom

Beban yang bekerja pada kolom, biasanya berupa kombinasi antara beban aksial dan momen lentur. Besar beban aksial dan momen lentur yang mampu ditahan oleh kolom bergantung pada ukuran/dimensi kolom, dan jumlah serta letak baja tulangan yang ada/terpasang pada kolom tersebut. Hubungan antara beban aksial dan momen lentur digambarkan dalam suatu diagram yang disebut diagram interaksi kolom $M - N$, yaitu dapat memberikan gambaran tentang kekuatan dari kolom yang bersangkutan.

Diagram interaksi kolom dibuat dengan pertolongan dua buah sumbu (yaitu sumbu vertikal dan sumbu horizontal) yang saling berpotongan dan tegak lurus sesamanya. Sumbu vertikal menggambarkan besar beban aksial P atau gaya normal N , sedangkan sumbu horizontal menggambarkan besar momen lentur M yang dapat ditahan oleh kolom.

Prosedur pembuatan diagram interaksi kolom dilaksanakan dengan memperhitungkan kekuatan kolom berdasarkan 5 kondisi beban pada suatu penampang kolom dan juga untuk mempermudah dapat menggunakan program bantuan komputer yang dinamakan PCACOL. Diagram interaksi kolom ini juga menghasilkan beban aksial nominal (P_n) dan beban momen nominal (M_n) yang mampu ditahan oleh kolom.

Kolom dikatakan mampu menahan beban yang bekerja apabila nilai beban aksial perlu sebesar P_u dan beban momen perlu sebesar M_u yang sudah diplotkan pada sumbu diagram, titik potongnya berada di dalam diagram interaksi. Tetapi sebaliknya jika titik potongnya berada diluar diagram interaksi, maka kolom tersebut tidak mampu menahan beban yang bekerja. (Ali Asroni, 2010:17-18)

2.10 Analisa Pembebanan Struktur

Perencanaan pembebanan pada struktur ini berdasarkan Peraturan Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung non gedung, dan pedoman perencanaan pembebanan untuk Rumah dan Gedung (PPURG) 1987 dan SNI 03-1726-2012. Pembebanan tersebut antara lain:

a. Beban mati/tetap (berat sendiri)

Adalah berat dari semua bagian bangunan yang bersifat tetap, termasuk segala unsur tambahan, alat atau mesin yang merupakan bagian yang tidak terpisahkan dengan bangunan. Berdasarkan peraturan gempa SNI - 03 - 1726 - 2012. Beberapa unsur tambahan beban mati yang meliputi bahan bangunan dan komponen gedung antara lain:

- Berat Beton Bertulang : 24 KN/m^3
- Berat Spesi per cm tebal : $0,21 \text{ KN/m}^2$
- Berat Plafond + Penggantung : $0,18 \text{ KN/m}^2$
- Berat Ubin per cm tebal : $0,24 \text{ KN/m}^2$
- Berat Dinding Pas. Batu Merah : $2,5 \text{ KN/m}^2$

b. Beban hidup (LL)

Adalah berat dari penghuni dan atau barang-barang yang dapat berpindah, yang merupakan bagian dari bangunan. Berdasarkan peraturan gempa SNI - 03 - 1726 - 2012. Nilai beberapa beban hidup antara lain:

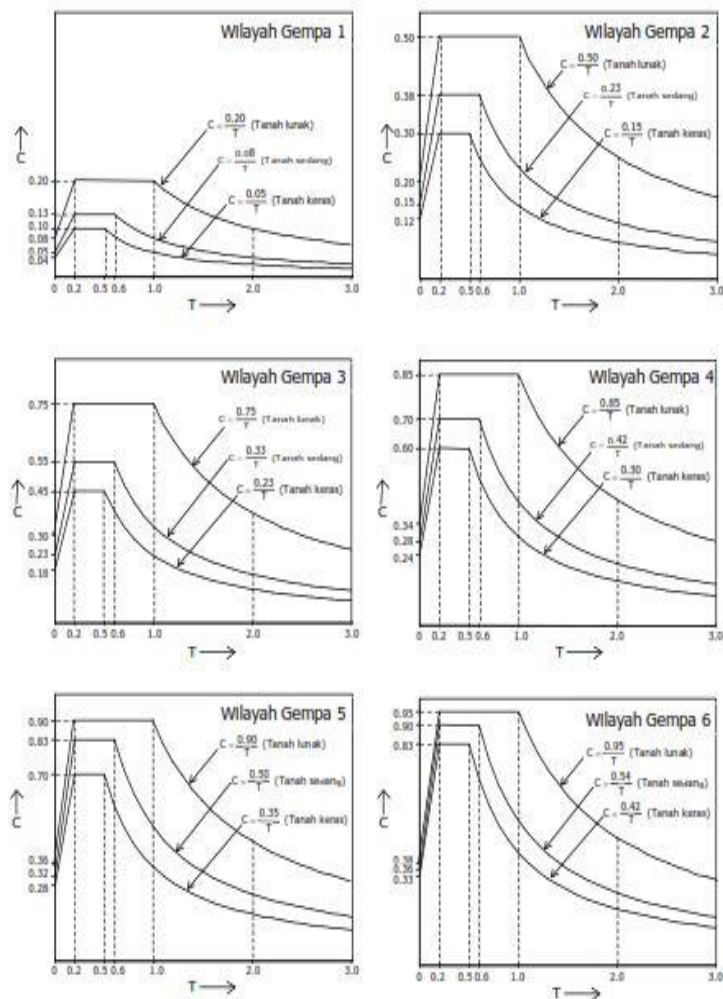
- Beban hidup pada lantai sebesar : 250 kg/m^2
- Beban hidup pada lantai atap sebesar : 100 kg/m^2
- Beban hujan : 40 kg/m^2

C . Beban gempa (E)

Beban gempa adalah beban yang timbul akibat percepatan getaran tanah pada saat gempa terjadi. Untuk merencanakan struktur bangunan tahan

gempa, perlu ketahui percepatan yang terjadi pada batuan dasar. Berdasarkan hasil penelitian yang telah di lakukan, wilayah indonesia dibagi ke dalam 6 wilayah zona gempa.

Strukturk bangunan yang akan direncanakan terletak pada wilayah gempa 4. Berikut ini adalag garafik dan tabel respons spektra pada wilayah gempa zona 4 untuk kondisi tanah lunak, sedang, dan keras.



Berdasarkan SNI 1726 – 2012 dalam menentukan kategori resiko gedung dan bangunan.

Jenis pemanfaatan	Kategoririsiko
<p>Gedung dan struktur lainnya yang memiliki risiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Fasilitas pertanian, perkebunan, peternakan , maupun perikanan ✓ Fasilitas sementara ✓ Gudang penyimpanan ✓ Rumah jaga danstruktur lainnya 	I
<p>Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I, II, IV, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Perumahan ✓ Ruko dan kantor ✓ Pasar ✓ Gedung perkantoran ✓ Gedung apartemen ✓ Pusat perbelanjaan ✓ Bangunan industry ✓ Fasilitas manufaktur ✓ Pabrik 	II
<p>Gedung dan struktur lainnya yang memiliki risiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan</p> <p>Gedung dan struktur lainnya, tidak termasuk ke dalam kategori risiko IV, yang memiliki potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi yang besar dan atau gangguan massal terhadap kehidupan masyarakat sehari-hari bila terjadi kegagalan</p> <p>Gedung dan struktur lainnya yang tidak termasuk dalam kategori IV, (termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk fasilitas manufaktur, proses, penanganan, penyimpanan, penggunaan, atau tempat pembuangan bahan bakar berbahaya, bahan kimia berbahaya, limbah berbahaya, atau bahan yang mudah meledak) yang mengandung bahan beracun atau peledak dimana kandungan bahannya melebihi nilai batas yang disyaratkan oleh instansi yang berwenang dan cukup menimbulkan bahaya bagi masyarakat jika terjadi kebocoran.</p>	III
<p>Gedung dan struktur lainnya yang ditunjukkan sebagai fasilitas yang penting , termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Gedung sekolah dan fasilitas pendidikan ✓ Rumah sakit dan fasilitas kesehatan lainnya yang memiliki fasilitas bedah dan unit gawat darurat ✓ Fasilitas pemadam kebakaran, ambulans, dan kantor polisi serta garasi kendaraan darurat ✓ Tempat perlindungan terhadap gempa bumi, angin badai, dan tempat perlindungan darurat lainnya ✓ Fasilitas kesiapan darurat, komunikasi, pusat operasi dan fasilitas lainnya untuk tanggap darurat ✓ Pusat pembangkit energi, dan fasilitas publik lainnya yang dibutuhkan pada saat keadaan darurat ✓ Menara 	IV

Sumber: SNI 03-1726-2012 Pasal 4.1

Dari hasil Tabel 2.1 diatas, didapatkan kategori resiko gedung yang akan direncanakan dan faktor keutamaan gempunya dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 2.2 Faktor keutamaan gempa

Kategori risiko	Faktor keutamaan gempa, I _e
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,5

Sumber: SNI 03-1726-2012 Pasal 4.1

Nilai I pada tabel diatas akan dipergunakan dalam rumus untuk menentukan koefisien respon seismik yang akan dibahas pada subbab selanjutnya.

2.11 Kategori desain Seismik

Kategori desain seismik adalah kategori yang menentukan jenis sistem rangka yang akan digunakan pada perencanaan sesuai dengan nilai S_{DS} , S_{D1} dan kategori resiko gedungnya.

Nilai S_{DS} dan S_{D1} sendiri didapat dengan persamaan sebagai berikut:

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS} \text{ dan } S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1}$$

Nilai SDS	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$SDS < 0,167$	A	A
$0,167 < SDS < 0,33$	B	C
$0,33 < SDS < 0,50$	C	D
$SDS > 0,5$	D	D

Dimana S_{MS} dan S_{M1} dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$S_{MS} = F_a \cdot S_s \text{ dan } S_{M1} = F_v \cdot S_1$$

Nilai F_a dan F_v dapat dilihat pada tabel 2.9 dan 2.

Tabel 2.3 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode pendek

Sumber: SNI 03-1726-2012 pasal 6.5

Tabel 2.4 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode 1 detik

Nilai SD1	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$SD1 < 0,067$	A	A
$0,067 < SD1 < 0,133$	B	C
$0,133 < SD1 < 0,20$	C	D
$SD1 > 0,20$	D	D

Sumber: SNI 03-1726-2012 pasal 6.5

2.12 Parameter sistem struktur penahan gaya seismik

Berdasarkan SNI 03-1726 - 2012 7.2.1, pemilihan sistem struktur penahan gaya seismik ditentukan oleh parameter - parameter berikut:

- Faktor koefisien modifikasi respons (R)
- Faktor kuat lebih sistem (C_d)
- Faktor pembesaran defleksi (Ω_0)
- Faktor batasan tinggi sistem struktur

Tabel 2.5 Faktor koefisien modifikasi respons (R), faktor kuat lebih system (Ω_0), faktor pembesaran defleksi (C_d), dan batasan tinggi sistem struktur untuk sistem penahan gaya gempa.

Sistem penahan-gaya seismik	Pasal SNI 1726 dimana persyaratan pendetailan ditetapkan	Koefisien modifikasi respons, R^a	Faktor kuat lebih sistem Ω_0^g	Faktor pembesaran defleksi C_d^b	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur (m) ^c				
					Katgori desain seismik				
							D ^d	E ^d	F ^e
1. Rangka beton bertulang pemikul momen khusus	5.2.5.5 dan 7.2			5½	TB	TB	TB	TB	TB
2. Rangka beton bertulang pemikul momen menengah	7.2		3	4½	TB	TB			
3. Rangka beton bertulang pemikul momen biasa	7.2		3	2½	TB				

Sumber: SNI 03-1726-2012 hal. 36

Keterangan:

TB = Tidak dibatasi

TI = Tidak diijinkan

2.13 Periode Alami Struktur

Periode adalah besarnya waktu yang dibutuhkan untuk mencapai satu getaran. Periode alami struktur perlu diketahui agar resonansi pada struktur dapat dihindari. Resonansi struktur adalah keadaan dimana frekuensi alami pada struktur sama dengan frekuensi beban luar yang bekerja sehingga dapat menyebabkan keruntuhan pada struktur.

Berdasarkan SNI 03-1726-2012 pasal 7.8.2, terdapat dua nilai batas untuk periode bangunan, yaitu nilai minimum periode bangunan ($T_{a \text{ minimum}}$) dan nilai maksimum periode bangunan ($T_{a \text{ maksimum}}$).

Nilai minimum periode bangunan ($T_{a \text{ minimum}}$) ditentukan oleh rumus:

$$T_{a \text{ minimum}} = c_r h_n^x$$

Di mana:

$T_{a \text{ min}}$ = Nilai batas bawah periode bangunan

H_n = Ketinggian struktur dalam m di atas dasar sampai tingkat tertinggi struktur

C_r = Ditentukan dari tabel 2.6

x = Ditentukan dari tabel 2.6

Tabel 2.6 Nilai Parameter periode pendekatan C_r dan x

Tipe Struktur	Cr	x
Sistem rangka pemikul momen di mana rangka memikul 100% seismik yang disyaratkan dan tidak dilingkupi atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku dan akan mencegah rangkadari defleksi jika gaya gempa:		
Rangka baja pemikul momen	0,0724	0,8
Rangka Beton pemikul momen	0,0466	0,9
Rangka baja dengan bresing eksentris	0,0731	0,75
Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	0,731	0,75
Semua sistem struktur lainnya	0,0488	0,75

Sumber: SNI 03-1726-2012

Nilai maksimum periode bangunan ($T_{a \text{ maksimum}}$) ditentukan oleh rumus:

$$T_{a \text{ maksimum}} = C_u T_{a \text{ minimum}}$$

$T_{a \text{ maks}}$ = Nilai batas atas periode bangunan

C_u = Ditentukan dari Tabel 2.7

Tabel 2.7 Koefisien untuk batas atas pada periode yang dihitung

Parameter Percepatan Respons Spektra Desain Pada 1 Detik SD1	Koefisien (C_u)
0,4	1,4
0,3	1,4
0,2	1,5
0,15	1,6
0,1	1,7

Sumber: SNI 03-1726-2012

2.14 Perhitungan Koefisien Respons Seismik

Berdasarkan SNI 03-1726-2012 pasal 7.8.1.1, perhitungan koefisien respons seismik (C_s) Harus ditentukan sesuai dengan rumus sebagai berikut:

$$C_{s(max)} = \frac{S_{DS}}{\frac{R}{I}}$$

Di mana:

S_{DS} = adalah parameter percepatan spektrum respons desain dalam rentang periode pendek

R = adalah faktor modifikasi respons berdasarkan Tabel 2.5

I = adalah faktor keutamaan Gempa yang ditentukan berdasarkan Tabel 2.2

Nilai C_s yang dihitung pada persamaan di atas tidak perlu melebihi nilai berikut ini:

$$C_{s(hitung)} = \frac{S_{D1}}{T\left(\frac{R}{I}\right)}$$

Nilai C_s yang dihitung tidak kurang dari nilai berikut ini:

$$C_{s(minimum)} = 0.044S_{DS}I \geq 0.01$$

Sebagai tambahan untuk struktur yang berlokasi di daerah di mana S_1 sama dengan atau lebih besar dari 0,6 g, maka C_s harus tidak kurang dari:

$$C_s = \frac{0,5S_1}{\left(\frac{R}{I}\right)}$$

Di mana:

S_{D1} = adalah parameter percepatan respons spektrum desain pada period 1 detik

S_1 = adalah parameter percepatan respons spektrum desain yang dipetakan

T = adalah periode struktur dasar (detik)

2.15 Respons spectra

Respons spektra adalah suatu spektrum yang disajikan dalam bentuk grafik/plot antara periode getar struktur T , lawan respon-respon maksimum berdasarkan rasio redaman dan gempa tertentu. Respons spektra merupakan konsep pendekatan yang digunakan untuk keperluan perencanaan bangunan. Berdasarkan SNI 03-1726-2012 Pasal 6.3, respons spektra desain harus ditentukan dan dibuat terlebih dahulu berdasarkan data-data yang ada. Data-data yang dibutuhkan dan prosedur untuk pembuatan respons spectra berdasarkan SNI 03-1726-2012 pasal 6.3 adalah:

➤ Parameter percepatan batuan dasar

Parameter S_s (Percepatan batuan dasar pada periode pendek) dan S_1 (Percepatan batuan dasar pada periode 1 detik) harus ditetapkan masing-masing dari respons spektra percepatan 0,2 detik dan 1 detik dalam peta gerak tanah seismik seperti yang ada pada Gambar 2.1 dan Gambar 2.2 dengan kemungkinan 2% terlampaui dalam 50 tahun dan dinyatakan dalam bilangan desimal terhadap percepatan gravitasi.

➤ Parameter kelas situs

Berdasarkan sifat-sifat tanah pada situs, maka situs harus diklasifikasikan sebagai kelas situs SA, SB, SC, SD, SE dan SF berdasarkan SNI 03-1726-2012 Pasal 5.3 dapat dilihat pada tabel 2.8

Tabel 2.8 Klasifikasi situs

K kelas situs	Vs (m/detik)	N atau N _{ch}	Su (kPa)
S A (batuan keras)	> 1500	N/A	N/A
S B (batuan)	50 s/d 750	N/A	N/A
S C (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 d 750	> 50	≥ 100
S D (tanah sedang)	75 s/d 350	15 s/d 50	50 s/d 100
S E (tanah lunak)	175 atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karakteristik sebagai berikut: 1. Indeks plastisitas, PI > 20, 2. Kadar air, w > 40%, dan Kuat geser S _u < 25 kPa	< 15	< 50
SF (tanah khusus, yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik-situs yang mengikuti pasal 6.9.1)	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut: ✓ Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah ✓ Lempung sangat organik dan atau gambut (ketebalan H > 3 m) ✓ Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan H > 7,5 m dengan Indeks Plastisitas IP > 75) ✓ Lapisan lempung lunak / medium kaku dengan ketebalan H > 35 m dengan s _u < 50 kPa		

Sumber: SNI 03-1726-2012

Catatan, N/A = tidak dapat dipakai

2.16 Koefisien-koefisien situs dan parameter-parameter respons spectra percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCE_R)

Untuk penentuan respons spektra percepatan gempa MCE_R di permukaan tanah diperlukan suatu faktor amplifikasi seismik pada periode 0,2 detik dan periode 1 detik. Berdasarkan SNI 03-1726-2002 pasal 6.2, faktor amplifikasi meliputi faktor amplifikasi getaran terkait percepatan pada getaran periode pendek (F_a) dan faktor amplifikasi terkait percepatan yang mewakili getaran periode 1 detik (F_v). Parameter spektrum respons percepatan pada periode pendek (S_{MS}) dan periode 1 detik (S_{M1}) yang disesuaikan dengan pengaruh klasifikasi situs harus ditentukan dengan perumusan berikut ini:

$$S_{MS} = F_a S_s$$

$$S_{M1} = F_v S_1$$

Di mana:

S_{MS} = Parameter percepatan respon spektral MCE pada periode pendek yang sudah disesuaikan terhadap pengaruh kelas situs

S_{M1} = Parameter percepatan respon spektral MCE pada periode 1 detik yang sudah disesuaikan terhadap pengaruh kelas situs

F_a = Faktor amplifikasi getaran terkait percepatan pada getaran periode pendek

F_v = Faktor amplifikasi terkait percepatan yang mewakili getaran periode 1 detik

Koefisien situs F_a dan F_v ditentukan berdasarkan Tabel 2.9 dan 2.10

Tabel 2.9 Koefisien situs, F_a

Kelas Situs	Parameter respon spektral percepatan gempa MCER terpetakan pada perioda pendek, T=0,2 detik SS				
	SS < 0,25	SS = 0,5	SS = 0,75	SS = 1	SS > 1,25
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
SE	2,7	1,7	1,2	0,9	0,9
SF	SS ^b				

Sumber: SNI 03-1726-2012

Tabel 2.10 Koefisien situs, F_v

Kelas situs	Parameter respons spektra percepatan gempa MCE _R terpetakan pada periode 1 detik, S1				
	$S_1 \leq 0,1$	$S_1 = 0,2$	$S_1 = 0,3$	$S_1 = 0,4$	$S_1 \geq 0,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
SD	2,4	2	1,8	1,6	1,6
SE	3,5	3,2	3,8	2,4	2,4
SF	SS ^b				

Sumber: SNI 03-1726-2012

Keterangan :

- a. Nilai-nilai F_a maupun F_v yang tidak terdapat pada tabel dapat dilakukan proses interpolasi linier
- b. SS merupakan yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respon situs spesifik.

2.17 Parameter percepatan spektra desain

Parameter percepatan spektral desain adalah parameter yang akan dimasukkan dalam perencanaan koefisien respons seismik dan kategori desain seismik. Parameter ini dapat ditentukan setelah mengetahui Parameter percepatan respon spektral MCE (S_M) pada getaran periode pendek dan 1 detiknya. Parameter percepatan spektra desain untuk periode pendek (S_{DS}) dan periode 1 detik (S_{D1}) harus ditentukan melalui perumusan berikut ini

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS}$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1}$$

dimana:

S_{DS} = Parameter percepatan respons spektra desain pada periode pendek

S_{D1} = Parameter percepatan respons spektra desain pada periode 1 detik.

2.18 Prosedur pembuatan respons spektra desain berdasarkan SNI 03-1726-2012

Untuk periode yang lebih kecil dari T_0 , spektrum respons percepatan desain, S_a , harus diambil dari persamaan:

$$S_a = S_{DS} \left(0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0} \right)$$

Untuk periode yang lebih besar dari atau sama dengan T_0 dan lebih kecil atau sama dengan T_s , spektrum respons desain, S_a , sama dengan S_{DS} .

Untuk periode lebih besar dari T_s , spektrum respons percepatan desain, S_a , diambil berdasarkan persamaan:

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T}$$

Di mana:

S_{DS} = Parameter percepatan respons spektra desain pada periode pendek

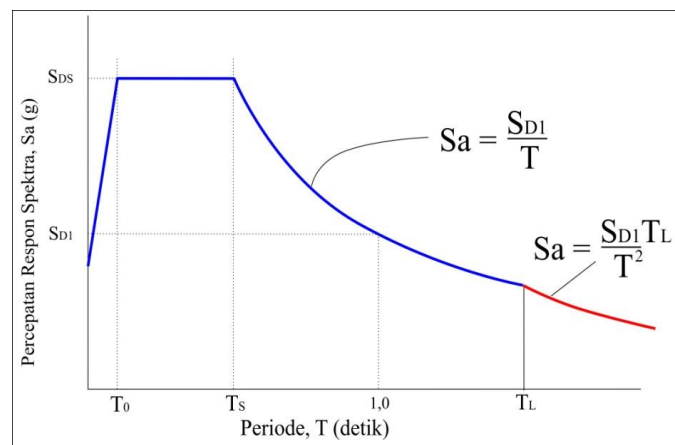
S_{D1} = Parameter percepatan respons spektra desain pada periode 1 detik

T = Periode getar fundamental struktur

Untuk nilai T_0 dan T_s dapat digunakan rumus sebagai berikut:

$$T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$$

$$T_0 = 0,2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$$



Gambar 2.5 Spektrum respon desain

Sumber: SNI 1726 2012 Pasal 6.4

2.19 Gaya Dasar Seismik

Berdasarkan SNI 1726-2012, Geser dasar seismik (V) dalam arah yang ditetapkan harus ditentukan sesuai dengan persamaan berikut ini:

$$V = C_S W_t$$

Dimana:

C_S = koefisien respons seismik

W_t = berat total gedung

2.20 Simpangan Antar Lantai (Story Drift)

Simpangan antar lantai adalah pergeseran posisi (defleksi) antara pusat massa sebuah lantai dengan lantai yang berada di atas atau di bawahnya akibat dari penyerapan beban yang dialami oleh struktur.

Berdasarkan SNI 1726-2012, simpangan antar lantai hanya ada kinerja batas ultimate saja tanpa mempertimbangkan kinerja batas layannya. Defleksi pusat massa di tingkat x (δ_x) (mm) harus ditentukan sesuai dengan persamaan berikut:

$$\delta_x = \frac{C_d \delta_{xe}}{I_e}$$

Berdasarkan SNI 1726-2012 Pasal 7.12.1, Simpangan antar lantai ini tidak boleh melebihi dari batas-batas yang ditentukan. Untuk semua struktur lainnya yang termasuk dalam kategori resiko gedung I dan II, batas simpangan antar lantai ultimitnya (Δ_a) tidak boleh melebihi dari $0,020 h_{sx}$.

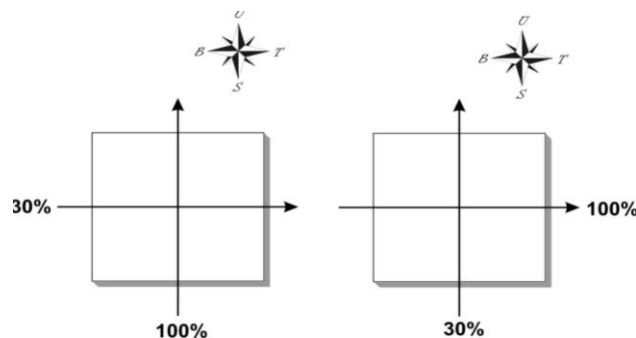
$$\Delta \leq \Delta_a$$

Tujuan dari pemberian batasan ini adalah agar struktur tidak terlalu kaku (Rigid) dan tidak terlalu melentur. Struktur yang terlalu kaku tidak memberikan adanya

tanda-tanda kerusakan struktur dan struktur yang terlalu melentur memberikan efek yang tidak nyaman pada penghuni.

2.21 Arah pembebanan gempa horizontal

Pengaruh gempa horizontal adalah pengaruh gempa yang bekerja dalam dua arah sumbu yang saling tegak lurus dimana arah sumbu utamanya berlaku 100% dari beban gempa rencana ditambah dengan 30% beban gempa rencana dari arah yang saling tegak lurus dengan arah sumbu utamanya. Beban gempa horizontal adalah beban gempa yang paling berpengaruh dalam pembebanan gempa karena menyebabkan kerusakan struktur terbesar. Hal ini dikarenakan arah beban gempa ini saling tegak lurus terhadap struktur gedung yang berdiri secara vertikal diatas tanah dan menyebabkan beban geser lateral (V) itu sendiri.



2.22 Kombinasi Pembebanan

Berdasarkan SNI 03 – 2847 – 2013 kekuatan perlu U harus paling tidak sama dengan pengaruh beban terfaktor dalam persamaan di bawah ini. Pengaruh salah satu atau lebih beban yang tidak bekerja secara serentak harus diperiksa (beban S (salju) dalam persamaan-persamaan di bawah dihapus karena tidak relevan, lihat Daftar Deviasi).

$$U = 1,4D$$

$$U = 1,2D + 1,6L + 0,5 (Lr \text{ atau } R)$$

$$U = 1,2D + 1,6 (Lr \text{ atau } R) + (1,0L \text{ atau } 0,5W)$$

$$U = 1,2D + 1,0W + 1,0L + 1,6 (Lr \text{ atau } R)$$

$$U = 1,2D + 1,0Ex + 0,3Ey + 1,0L$$

$$U = 1,2D + 1,0Ey + 0,3Ex + 1,0L$$

$$U = 0,9D + 1,0W$$

$$U = 0,9D + 1,0Ex + 0,3Ey$$

$$U = 0,9D + 1,0Ey + 0,3 Ex \text{ kecuali sebagai berikut:}$$

- a) Faktor beban pada beban hidup L dalam persamaan di atas diizinkan direduksi sampai 0,5 kecuali untuk garasi, luasan yang ditempati sebagai tempat perkumpulan publik, dan semua luasan dimana L lebih besar dari 4,8 kN/m²
- b) Bila W didasarkan pada beban angin tingkat layan, 1,6W harus digunakan sebagai pengganti dari 1,0W dalam persamaan di atas dan 0,8W harus digunakan sebagai pengganti dari 0,5W dalam persamaan di atas.
- c) Dihilangkan karena tidak relevan, lihat Daftar Deviasi.

2.23 Bangunan Tahan Gempa

Dalam perencanaan struktur gedung terhadap pengaruh gempa rencana semua unsur struktur gedung, baik bagian dari subsitem struktur gedung maupun bagian dari sistem struktur gedung seperti rangka (portal), dinding geser, kolom balok, lantai, lantai tanpa balok (lantai cendawan) dan kombinasinya, harus diperhitungkan memikul pengaruh gempa rencana, sehingga struktur yang

direncanakan tidak akan mengalami kerusakan pada waktu menahan beban gempa yang kecil atau sedang dan tidak akan mengalami keruntuhan yang fatal ketika terjadi gempa yang kuat. Struktur yang direncanakan harap mampu bertahan oleh beban bolak-balik memasuki perilaku inelastik tanpa mengurangi kekuatan yang berarti. Karena itu, selisih energi beban gempa harus mampu disebarkan dan diserap oleh struktur yang bersangkutan dalam bentuk kemampuan ini yang disebut sebagai kemampuan daktilitas struktur.

Daktilitas juga dapat diartikan kemampuan suatu struktur gedung yang untuk mengalami simpangan pasca-elastik yang besar secara berulang kali di bolak-balik akibat gempa yang menyebabkan terjadinya pelelehan pertama, sambil mempertahankan kekuatan dan kekakuan yang cukup, sehingga struktur gedung tersebut tetap berdiri walaupun sudah berada dalam kondisi ambang keruntuhan.

Perencanaan bangunan gedung pada tugas akhir ini adalah struktur yang direncanakan mampu berperilaku daktil dengan tingkat daktilitas parsial (daktilitas dua dengan $\mu = 1,5 - 5$). Untuk mendapatkan suatu struktur yang mampu berperilaku daktil dengan tingkat daktilitas parsial maka dalam skripsi ini perencanaan struktur gedung “ Kantor Pusat Kepanjen Kota Malang” direncanakan ulang dengan sistem rangka pemikul momen khusus (SRPMK).

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam perencanaan desain suatu struktur diantaranya:

1. Kemampuan Layan

Dalam perencanaan, struktur yang di desain tersebut harus dapat menahan beban tanpa kelebihan tegangan pada material dan mempunyai deformasi

yang masih dalam batas-batas yang diijinkan. Pemilihan ukuran dan elemen yang dipilih merupakan penentu utama dalam menahan kemampuan layan tersebut

2. Efisiensi

Prinsip utama perencanaan desain struktur dalam bidang konstruksi adalah bagaimana mendesain bangunan yang kuat dan aman namun dengan biaya yang relative murah (ekonomis).

3. Daktilitas

Kemampuan suatu struktur gedung untuk mengalami simpangan pasca-elastis yang besar secara berulang kali dan bolak-balik akibat beban gempa yang menyebabkan terjadinya pelemahan pertama, sambil mempertahankan kekuatan dan kekuatan yang cukup, sehingga struktur gedung tersebut tetap berdiri, walaupun sudah berada dalam kondisi di ambang keruntuhan, terlihat pada gambar di bawah ini:

4. Konstruksi

Tinjauan konstruksi sering dipengaruhi struktural dimana penggunaan elemen-elemen struktural akan efisien apabila material yang digunakan mudah didapat dan dibuat.

Desain struktur harus mencakup:

a. Keamanan

Struktur yang didesain harus aman dan kuat pada struktur akan mencakup beban-beban yang bekerja padanya yaitu beban mati

(berat sendiri), beban hidup (manusia, angin, dll) dan beban gempa.

b. Kekakuan

Dalam perencanaan suatu gedung perlu diperhitungkan kekuatannya agar didapat struktur yang kaku dan dapat memperkuat struktur saat terjadi gempa. Kekuatan merupakan syarat mutlak yang harus sangat dipikirkan oleh perencana dan merencanakan suatu bangunan struktur. Karena suatu struktur tidak akan dapat diterima jika bangunan tersebut tidak kaku walaupun sangat kuat.

2.25 Pengertian Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM)

Yang dimaksud dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Menurut buku “Perencanaan Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa” oleh Prof. Ir. Rachmat Purwono, M.Sc adalah suatu sistem rangka ruang dimana komponen-komponen struktur dan joint-jointnya menahan gaya-gaya yang bekerja melalui aksi lentur, geser dan aksial. Ada 3 jenis Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM) yaitu:

1. Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB).
2. Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM).
3. Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK).

2.26 Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB)

Sistem rangka beton bertulang pemikul momen biasa adalah struktur rangka beton bertulang yang hanya diperbolehkan untuk memikul desain seismik dengan kategori B. Kategori B itu sendiri adalah kategori desain seismik yang dibatasi

pada parameter respons percepatan periode pendek dengan nilai $0,167 \leq S_{DS} < 0,33$ serta termasuk dalam risiko bangunan gedung kategori I, II dan III.

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 21.2 tentang Rangka Momen Biasa, persyaratan yang harus dipenuhi adalah pasal 21.2.2 dimana Balok harus mempunyai paling sedikit dua batang tulangan longitudinal yang menerus sepanjang kedua muka atas dan bawah. Tulangan ini harus disalurkan pada muka tumpuan. Selain itu, persyaratan yang harus dipenuhi adalah pasal 21.2.3 tentang persyaratan Kolom yang mempunyai tinggi bersih kurang dari atau sama dengan lima kali dimensi c_1 harus didesain untuk geser yang terkait dengan pengembangan kekuatan momen nominal kolom pada setiap ujung terkekang dari panjang yang tak tertumpu akibat lentur kurvatur balik. Kekuatan lentur kolom harus dihitung untuk gaya aksial terfaktor, konsisten dengan arah gaya lateral yang ditinjau, yang menghasilkan kekuatan lentur.

2.27 Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM)

Sistem rangka beton bertulang pemikul momen menengah adalah struktur rangka beton bertulang yang hanya diperbolehkan untuk memikul desain seismik dengan kategori B dan C. Kategori C itu sendiri adalah kategori desain seismik yang dibatasi pada parameter respons percepatan periode pendek dengan nilai $0,33 \leq S_{DS} < 0,50$ serta termasuk dalam risiko bangunan gedung kategori I, II dan III.

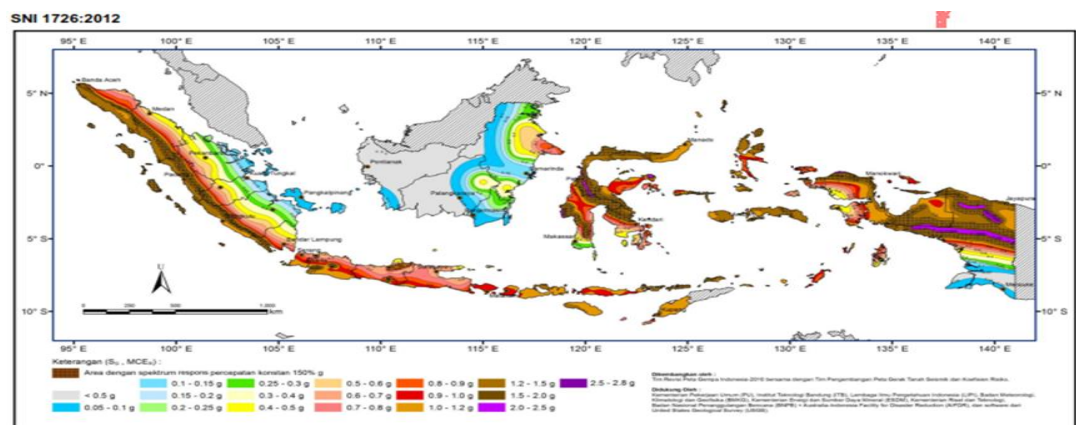
2.28 Sistem Rangka Beton Bertulang Pemikul Momen Khusus (SRPMK)

Sistem rangka beton bertulang pemikul momen khusus adalah struktur rangka beton bertulang yang hanya diperbolehkan untuk memikul desain seismik dengan kategori B, C, D, E dan F. Kategori D itu sendiri adalah kategori desain

seismik yang dibatasi pada parameter respons percepatan periode pendek dengan nilai $S_{DS} > 0,50$ serta termasuk dalam risiko bangunan gedung kategori I, II dan III. Desain seismik kategori E adalah kategori dengan nilai $S_1 \geq 0,75$ serta termasuk dalam risiko bangunan gedung kategori I, II dan III. Sedangkan desain seismik kategori F adalah kategori dengan nilai $S_1 \geq 0,75$ serta termasuk dalam risiko bangunan gedung kategori IV.

2.29 Wilayah gempa

Berdasarkan SNI 03-1726-2012 pasal 14, wilayah gempa ditetapkan berdasarkan parameter S_s (percepatan batuan dasar pada periode pendek 0,2 detik) dan S_1 (percepatan batuan dasar pada periode 1 detik). Pada Peta wilayah gempa SNI 03-1726-2012, wilayah gempa dibagi berdasarkan percepatan maksimum batuan dasar dan respon spektra di batuan dasar. Pada SNI 03-1726-2012 ini, zonasi peta gempa menggunakan peta gempa untuk probabilitas 2% terlampaui dalam 50 tahun atau memiliki periode ulang 2500 tahun. Untuk klasifikasi wilayah gempa, peta gempa terbaru ini menggunakan warna-warna yang menunjukkan parameter S_s dan S_1 untuk setiap besaran spektrum respon percepatan. Untuk lebih jelasnya dapat diperhatikan pada gambar dibawah ini.

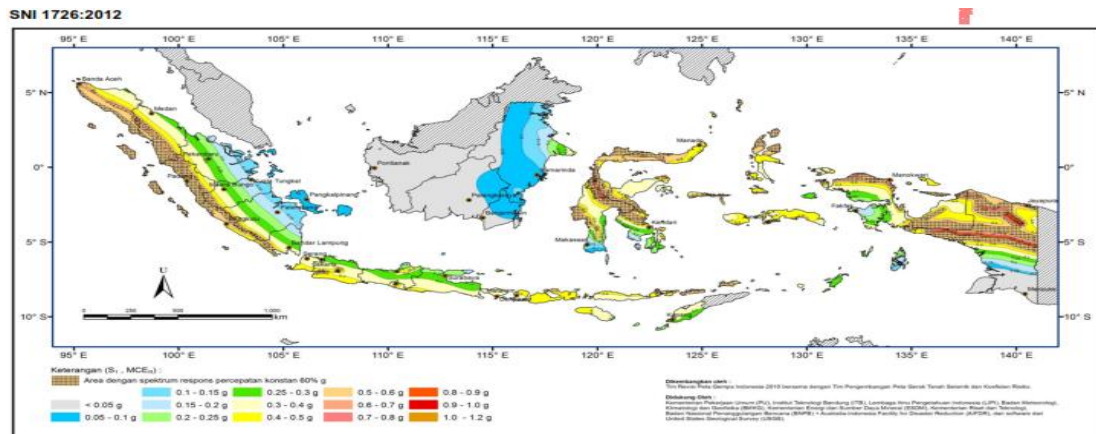


Gambar 2.6 Peta respons spektra percepatan 0,2 detik (S_S) di batuan dasar

S_B untuk probabilitas terlampaui 2% dalam 50

tahun berdasarkan SNI-03-1726-2012 hal. 13

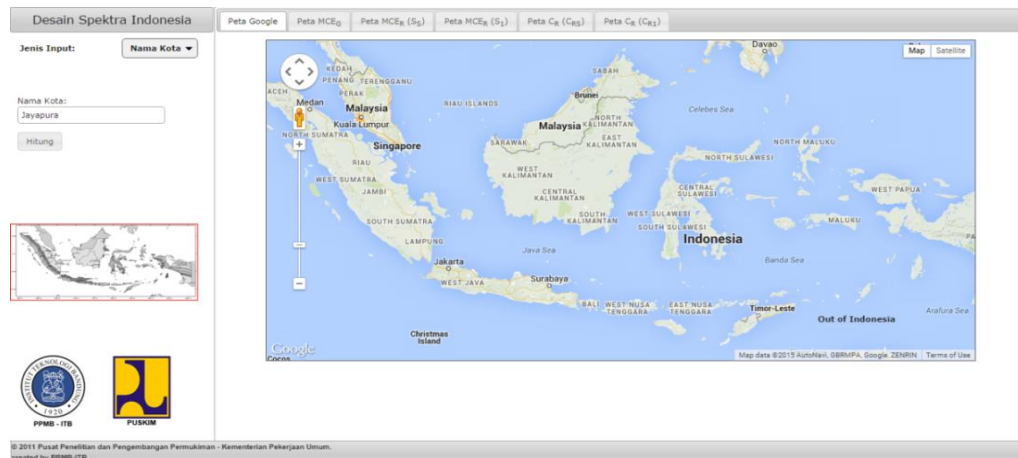
Gambar 2.6 Peta respons spektra percepatan 0,2 detik (S_S) di batuan dasar S_B



untuk probabilitas terlampaui 2% dalam 50 tahun berdasarkan SNI-03-1726-

2012 hal. 134

Di dalam peta zonasi gempa ini, setiap warna mewakili besaran parameter percepatan batuan dasar mulai dari yang terendah hingga yang paling tinggi. Daerah yang tidak memiliki warna (Daerah abu-abu) adalah daerah yang tidak terpengaruh oleh gempa karena berada jauh dari lempeng benua yang merupakan pusat gempa bumi terjadi. Untuk mengetahui nilai percepatan batuan pada tiap-tiap kota yang ingin direncanakan maupun lokasi yang lebih akurat dari peta diatas, bisa dilakukan analisa menggunakan program bantu **Desain Spektra Indonesia** yang bisa diakses pada situs:



Gambar 2.7 Desain Spektra Indonesia

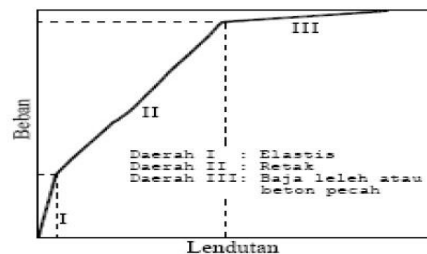
2.30 Balok

Balok beton adalah bagian dari struktur yang berfungsi sebagai momen menuju struktur kolom. Balok dikenal sebagai elemen lentur, yaitu elemen struktur dominan memikul gaya dalam berupa momen gaya lentur dan geser.

Menurut Prof Widodo dalam buku “Analisis Tegangan Regangan” beton memiliki sifat rangka yang terjadi pada beton yang dibebani secara tetap dalam jangka waktu yang lama. Oleh karena itu pada balok beton dikenal istilah *short-term (immediate) deflection* dan *long-term deflection* yang membuat lendutan. Lendutan adalah fungsi dari kekakuan yaitu perkalian antara modulus elastisitas beton E_c dengan inersia penampang I . lendutan itu harus dibatasi, karena berkaitan dengan kenyamanan dan seni dalam arsitektur. SNI beton 2013 dengan tegas menyebut dalam butir 9.5 terhadap Kontrol lendutan. Balok beton bisa retak ketika menahan momen lentur sewaktu searti bawah tarik (momen positif), beton sebenarnya bisa menahan tegangan tarik tersebut, tetapi tegangan tarik sangat kecil.

Perilaku keruntuhan pada struktur balok pada umumnya adalah lentur, tentu saja itu akan terjadi jika rasio bentang (L) dan tinggi balok (h) cukup besar. Jika rasio kecil maka digolongkan sebagai balok tinggi (*deep beam*) keruntuhan geser dominan.

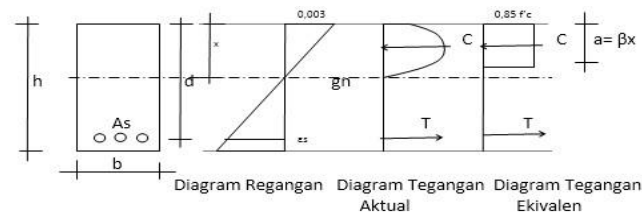
Apabila perilaku keruntuhan balok beton di atas dua tumpuan dapat digambarkan dalam bentuk kurva lendutan, maka kurva lendutan tersebut adalah sebagai berikut:



Gamabr 1. keruntuhan balok beton bertulang

Ada dua jenis balok keruntuhan yaitu :

2.30.1 Keruntuhan lentur



Gambar 2. Tegangan regangan balok beton bertulang yang menerima momen positif

Notasi:

ϵ_s = Regangan pada baja

C = Resultan gaya tekan pada beton

T = Resultan gaya tarik pada tulangan

A_s = Luas tulangan tarik

a = Tinggi benda tegangan pada beton

berdasarkan gambar 2 untuk memudahkan perhitungan maka dipakai diagrama tegangan persegi ekuivalen maka

Resultan gaya tekan pada beton:

$$C = 0,85 f'_c b a \dots\dots\dots 1.2$$

Dimana : C = Resultan gaya tekan pada beton

f'_c = Kuat tekan beton

b = Lebar muka tekan beton struktur

a = Tinggi benda pada tegangan beton

Resultan gaya tarik pada tulangan:

$$T = A_s f_y \text{ (tulangan dianggap leleh)} \dots\dots\dots 2.2$$

Dimana: T = Resultan gaya tarik pada tulangan

A_s = Luas tulangan tarik

f_y = Kuat leleh tulangan baja

Ditinjau penampang balok beton bertulang dalam kondisi *under reinforced*, keruntuhan lentur dimulai dari tulangan baja yang mengalami leleh. Pada kondisi tersebut, momen nominal yang menyebabkan keruntuhan lentur dengan persamaan:

$$M_n = A_s f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) \dots\dots\dots 2.3$$

Dimana : M_n = momen nominal

A_s = luas tulangan tarik

f_y = kuat leleh kuat baja

d = jarak dari serat tekan ke pusat tulangan tarik

a = tinggi balok tegangan persegi ekuivalen.

Dengan

$$a = \frac{A_s f_y}{0,85 f'_c b} \dots\dots\dots 2.4$$

dimana : a = Tinggi balok tegangan persegi ekuivalen

A_s = luas tulangan tarik

f_y = kuat leleh kuat baja

f'_c = kuat tekan beton

b = lebar muka tekan komponen struktur

2.30.2 Keruntuhan Geser

Gaya geser pada balok sepenuhnya dipikul oleh beton, sedangkan gaya Setelah terjadi retak geser lentur maka retak akan merambat sepanjang tulangan lentur, keretakan ini akan melepaskan lekatan tulangan memanjang dengan beton. Balok akan berperilaku seperti busur dua sendi, yang kemudian diakhiri dengan hancurnya beton tekan. geser nominal yang dapat disumbangkan beton adalah:

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f'_c} b_w d \dots\dots\dots 2.5$$

Dimana : V_c = gaya geser

F_c = kuat tekan beton

B_w = lebar badan

D = jarak dari serat tekan ke pusat tulangan tekan

2.30.3 Tulangan Geser pada Balok

Pada awal menentukan tulangan geser pada balok adalah mencari gaya geser gempa (v_e). Pasal 21.5.4.1 SNI 2847 – 2013 menyatakan bahwa gaya geser rencana v_e harus ditentukan dari peninjauan gaya statis pada bagian komponen struktur antara muka join. Diasumsikan bahwa momen dengan tanda berlawanan yang berhubungan dengan kekuatan momen lentur yang mungkin, M_{pr} bekerja pada muka muka tumpuan, dan komponen struktur tersebut dibebani dengan beban gravitasi terfaktor disepanjang bentangnya.

Nilai kuat lentur maksimum tulangan dapat dihitung dengan:

$$M_{pr} = A_s 1,25 f_y \left(d - 0,59 \frac{A_s 1,25 f_y}{f'_c b_w} \right)$$

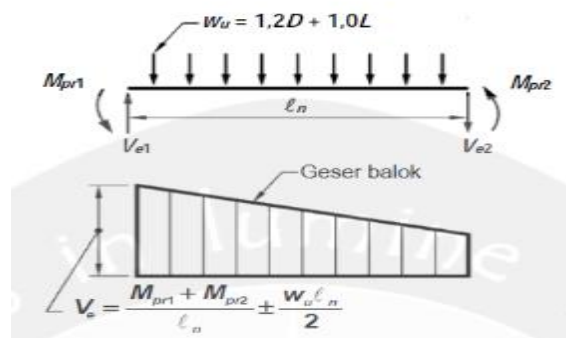
Gaya geser akibat gempa dihitung dengan

$$V = \frac{M_{pr1} M_{pr2}}{l_n} \pm \frac{W_u l_n}{2}$$

Keterangan :

M_{pr} = kuat lentur maksimum tulangan

A_s = luas tulangan baja yang digunakan



Gambar 2.8 gaya geser desain

(dikutip dari pasal 21.6.2.2 SNI 2847 – 2013)

Pasal 21.6.5.2 SNI 2847 – 2013 menyatakan bahwa pada daerah sendi plastis, $v_c = 0$ bilamana keduanya (a) dan (b) terjadi:

- a) Gaya geser ditumbulkan gempa yang dihitung sesuai dengan 21.6.5.1, mewakili setengah atau lebih dari kekuatan geser perlu maksimum dalam l_o .
- b) Gaya tekan aksial terfaktor, p_u , termasuk pengaruh gempa kurang dari $A_g f'_c / 10$

Jika kontribusi geser dari beton $V_c \neq 0$, pasal 11.2.1.1 SNI 2847 – 2013 menetapkan kuat geser beton untuk komponen struktur yang dikenai geser dan lentur sebagai berikut:

$$V_c = 0,17\lambda \sqrt{f'_c} b_w d$$

Dengan $\lambda = 1$ untuk beton normal

Kuat geser nominal yang harus ditahan oleh tulangan geser dihitung dengan persamaan

$$V_s = \frac{v_u}{\phi} - v_c$$

Dengan nilai $V_s \text{ maks} = \frac{2}{3} \sqrt{f'_c} b_w d$

Untuk spasi tulangan geser pasal 11.4.7.2 SNI 2847 – 2013 dihitung dengan persamaan

$$S = \frac{A_v f_y d}{V_s}$$

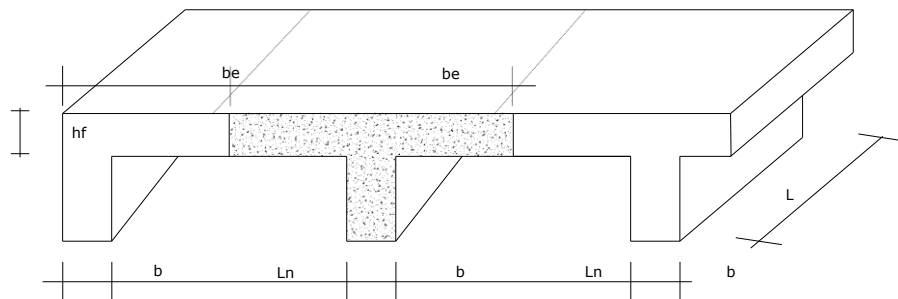
Menerut pasal 21.5.3.2 SNI 2847 – 2013, sengkang tertutup pertama harus ditempatkan ≤ 50 mm dari muka komponen struktur. Spasi sengkang tidak boleh melebihi:

- ✓ $d/4$
- ✓ 6 kali diameter batang tulangan lentur utama
- ✓ 150 mm

Meneurut pasal 11.4.5.1 SNI 2847 – 2013 pada daerah yang tidak memerlukan sengkang tertutup, sengkang kait gempa pada kedua ujungnya harus dipasang dengan spasi tidak lebih dari $d/2$ disepanjang bentang komponen struktur.

3.30.4 Perencanaan Balok T

Balok yang dicor menjadi satu kesatuan monolit dengan plat lantai atau atap didasarkan pada anggapan bahwa plat dan balok terjadi interaksi saat menahan momen lentur positif yang bekerja pada balok. Interaksi antara plat dan balok tersebut membentuk huruf T sehingga disebut balok T akan berlaku sebagai sayap (flans) dan balok akan berlaku sebagai (web).



gambar 2.9 perencanaan balok T

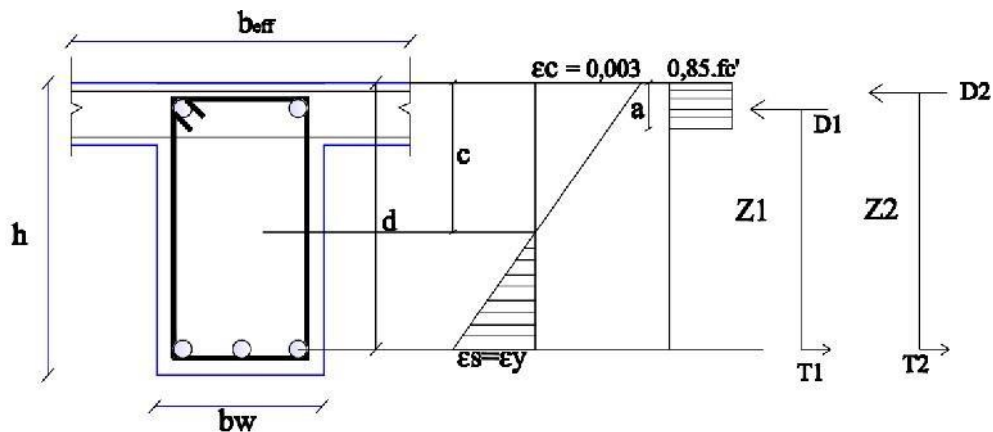
Berdasarkan SNI 03-2847-2013 memberikan batasan lebar flens efektif (b_e) balok T adalah sebagai berikut:

- Lebar plat efektif sebagai bagian dari balok T tidak boleh melebihi:
 - $b_e \leq 1/4$ bentang balok ($1/4.l$)
 - $b_e \leq b_w + 8hf_{kiri} + 8hf_{kanan}$
 - $b_e \leq b_w + 1/2Ln_{kiri} + 1/2Ln_{kanan}$

- untuk balok yang mempunyai plat hanya satu sisi, lebar efektif sayap tidak boleh melebihi dari:
 - b_e
 - $b_e \leq b_w + 1/12L$
 - $b_e \leq b_w + 6hf$
 - $b_e \leq b_w + 1/2Ln$

dalam merencanakan balok T, pada langkah awal disarankan untuk menentukan apakah balok tersebut, berperilaku sebagai balok T persegi atau balok T murni. Apabila $M_R > M_u$ ($a \leq hf$), balok berperilaku sebagai balok T murni.

a. $a \leq hf$ (balok T persegi)



Gambar 2.10 diagram regangan yang bekerja pada balok persegi

Dengan demikian analisis momen kapasitas sesuai dengan gambar 2.8 dapat dijelaskan sebagai berikut:

$$\frac{1,4}{f_y} < r \leq 0,75 r_b \quad 2.11$$

Gaya tarik T pada keadaan batas dihitung persamaan berikut:

$$T_1 = A_{s1} \cdot f_y \quad 2.12$$

$$T_2 = A_{s2} \cdot f_y \quad 2.13$$

$$A_s = A_{s1} + A_{s2} \quad 2.14$$

Gaya D harus seimbang dengan gaya T sehingga:

$$D_2 = A_s' \cdot f_y \quad 2.15$$

$$0,85 \cdot f'c \cdot a \cdot b \cdot e + A_s' \cdot f_y = A_s \cdot F_y$$

$$a = \frac{(A_s - A_s') \cdot f_y}{0,85 \cdot f'c \cdot b \cdot e} = \frac{r \cdot d \cdot f_y}{0,85 \cdot f'c} \rightarrow w = \frac{r \cdot f_y}{f'c} \rightarrow r = \frac{r \cdot f'c}{f_y}$$

$$a = w \frac{d}{0,85} \quad 2.16$$

$$k = f'c \cdot w(1 - 0,59w) \quad 2.17$$

Menghitung k_{perlu} $K = \frac{mu}{f \cdot b \cdot d^2}$, dan k adalah koefisien tahanan, setelah nilai k diketahui maka dapat dicari nilai w, yang kemudian dapat ditentukan nilai r, nilai r dapat dicari melihat tabel Apendiks A (struktur beton bertulang, *Istimawan D*),

Luas tulanga

$$A_s = r \cdot b \cdot d$$

Kontrol

$$R_{\min} = 1,4 / f_y$$

$$R_{\text{aktual}} = \frac{A_s}{bw \cdot d}$$

r_{aktual} harus lebih besar dari r_{\min} .

Momen kapasitas dalam nominal dapat ditentukan:

$$Mn_1 = A_{s1} \cdot f_y \cdot (d - 0,5\alpha) \quad 2.18$$

$$Mn_2 = A_{s1} \cdot f_y \cdot (d - d') \quad 2.19$$

$$Mn = Mn_1 + Mn_2 \quad 2.20$$

Dengan demikian momen kapasitas M_R adalah:

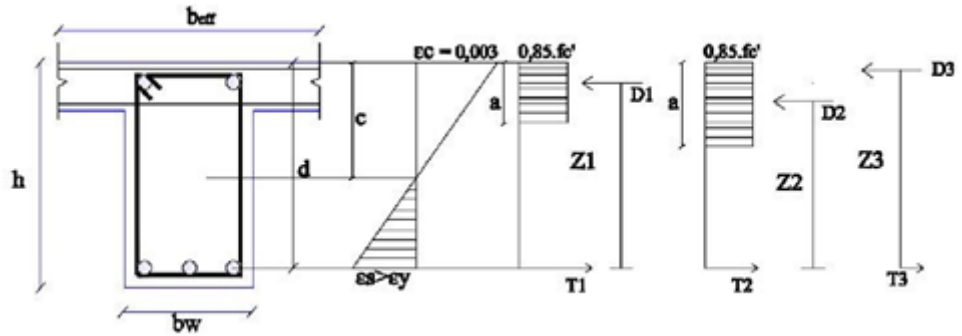
$$M_R = \phi Mn \quad 2.21$$

Periksa persyaratan daktilitas

$$A_{s_{maks}} = 0,0319 \cdot hf \left\{ b + b_w \left(\frac{0,150\alpha}{hf} - 1 \right) \right\} \quad 2.22$$

$A_{s_{maks}}$ harus lebih besar dari $A_{s_{perlu}}$

b. $a > hf$ (balok T murni)



Gambar 2.11 Diagram yang bekerja pada balok T

Analisa momen kapasitas total dapat dijelaskan berdasarkan gambar 2.9 adalah sebagai berikut:

Sayap: $D_1 = 0,85 \cdot f'c \cdot hf (b_e - b_w)$

$$T_1 = A_{s1} \cdot f_y \quad 2.23$$

Dengan $D_1 = T_1$

Maka: $A_{s1} \cdot f_y = 0,85 \cdot f'c \cdot hf (b_e - b_w)$ 2.25

$$A_{s1} = \frac{0,85 \cdot f'c \cdot hf (b_e - b_w) f_y}{f_y}$$

$$M_{n1} = T_1 \cdot Z_1 = A_{s1} \cdot f_y \cdot (d - 0,5a) \quad 2.26$$

Badan:

$$D_2 = 0,85 \cdot f'c \cdot a \cdot b_w$$

$$T_2 = A_{s2} \cdot f_y$$

$$M_{n2} = T_2 \cdot Z_2 = A_{s2} \cdot f_y \cdot (d - 0,5a)$$

Tulangan: $D_3 = A_{s'} \cdot f_y$

$$T_3 = A_{s3} \cdot f_y$$

$$Mn_3 = T_3 . Z_3 = As_3 . fy (d - d')$$

$$Mn = Mn_1 + Mn_2 + Mn$$

Maka: $M_R = \phi . Mn$

Dengan menganggap seluruh flens tertekan maka, letak batas tepi bawah balok tekan di daerah badan dibawah flens

$$N_T - N_D = (0,85 . f'c') b_w (a - hf)$$

$$a = \frac{N_T - N_D}{(0,85 . f'c') b_w} + hf$$

Dimana:

N_T = gaya tarik total dimana tulangan baja tarik dianggap telah leleh.

$$= As . fy$$

N_D = gaya tekan yang ada dimana seluruh flens dianggap sebagai daerah tekan

$$= 0,85 . f'c . b . hf + As' . Fy$$

b_w = lebar badan

hf = tebal plat

Periksa ρ_{min}

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{fy}$$

$$\rho_{Aktual} = \frac{1,4}{b_w . d}$$

ρ_{Aktual} harus lebih besar dari ρ_{min} .

Letak titik pusat daerah tekan total

$$y = \frac{\sum (Ay)}{\sum A}$$

Dimana: Y = letak titik pusat daerah tekan (mm)

A = luas daerah tekan (mm²)

Perkiraan jarak dengan lengan kopel dalam

$$z = d - 1/2hf = d - y$$

Dimana: d = kedalaman efektif (mm)

$$hf = \text{tebal pelat (mm)}$$

Periksa persyaratan daktilitas

$$A_{s_{maks}} = 0,0319 \cdot hf \left\{ b + b_w \left(\frac{0,150\alpha}{hf} - 1 \right) \right\}$$

$A_{s(maks)}$ harus lebih besar dari $A_{s(perlu)}$

$$A_{s_{perlu}} = \frac{Mu}{\phi \cdot f \cdot z}$$

Dimana: M_u = momen ultimit

ϕ = faktor reduksi kekuata

z = perkiraan jarak dengan lengan kopel dalam

(Istimawan Dipohusodo, struktur beton bertulang. Hal 75)

3.30.5 Perhitungan Tulangan Geser

Komponen struktur yang mengalami lentur akan mengalami juga kehancuran geser, selain kehancuran tarik/tekan. Sehingga dalam perencanaan struktur yang mengalami lentur selain direncanakan tulangan lentur selain direncanakan tulangan lentur, juga harus direncanakan tulangan geser.

$$fV_u \geq V_n$$

$$V_n = V_c + V_s$$

Dimana;

V_u = gaya geser terfaktor pada penampang yang ditinjau

V_c = kuat geser nominal yang disumbangkan oleh beton pada penampang yang ditinjau.

V_s = kuat geser nominal yang disumbangkan oleh beton pada penampang yang ditinjau

V_n = kuat geser terfaktor pada penampang yang ditinjau

Gaya geser terfaktor (V_u) ditinjau pada penampang sejarak (d) dari muka tumpuan dan untuk penampang yang jaraknya kurang dari d dapat direncanakan sama dengan penampang yang sejarak d .

Kuat geser yang disumbangkan oleh beton sesuai dengan SNI 2013 ialah:

$$V_c = 1/6 \cdot \sqrt{f'c} \cdot b_w \cdot d$$

Dimana:

b_w = lebar badan balok

d = jarak dari serat terkena terluar ke titik berat tulangan tarik longitudinal

ada dua keadaan:

bila $V_u > \frac{1}{2} f_v c$, maka harus dipasang tulangan geser minimum dengan luas tulangan:

$$A_v = \frac{b_w \cdot s}{3 \cdot f_y}$$

Dan bila $V_u > \frac{1}{2} f_v c$, maka harus dipasang tulangan geser, sedangkan besar gaya geser yang disumbangkan oleh tulangan adalah:

$$A_s \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{s}$$

Dimana:

A_v = luas tulangan geser dalam daerah sejarak s

$$A_v = 2.1 / 4\pi \cdot d^2$$

S = spasi tulangan geser dalam arah paralel dengan tulangan longitudinal

Sedangkan untuk spasi sengkang adalah:

$$S \leq 1/2 d$$

$$S \leq 600mm$$

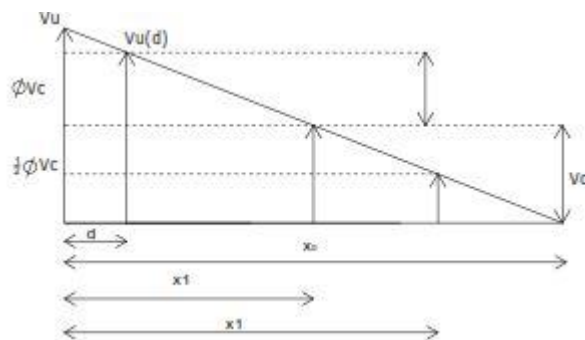
Sedangkang bila $V_s > (\frac{\sqrt{f'c}}{3})b_w \cdot d$, maka spasi tulangan adalah

$$S \leq 1/4d$$

$$S \leq 300mm$$

Dari hal ini V_s tidak boleh lebih besar dari $(2/3) \cdot \frac{\sqrt{f'c}}{3} b_w \cdot d$

$$V_s \geq (2/3) \cdot f'c \cdot b_w \cdot d$$



Gambar 2.12 diagram geser

$X_0 = 1/2$ bentang atau jarak dari perletakan kesuatu titik dimana $V_u = 0$

X_1 = daerah harus dipasang tulangan geser yang diperlukan

X_2 = daerah yang harus dipasang tulangan geser

2.31 Kolom

Berdasarkan SNI 2847 2013 Kolom adalah komponen struktur bangunan yang tugas utamanya menyangga beban aksial tekan vertikal dengan bagian tinggi yang tidak ditopang paling tidak tiga kali dimensi lateral terkecil. Fungsi kolom adalah sebagai penerus beban seluruh bangunan ke pondasi.

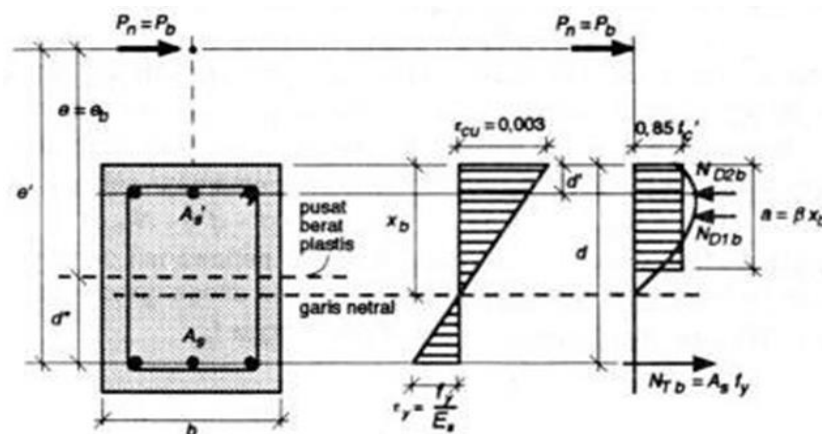
Menurut SNI 2847-2013 ada empat ketentuan terkait perhitungan kolom

1. Kolom harus direncanakan untuk memikul beban aksial terfaktor yang bekerja pada semua lantai atau atap dan momen maksimum yang berasal dari beban terfaktor pada satu bentang

terdekat dari lantai atau atap yang ditinjau. Kombinasi pembebanan yang menghasilkan rasio maksimum dari momen terhadap beban aksial juga harus diperhitungkan.

2. Pada konstruksi rangka atau struktur menerus pengaruh dari adanya beban tak seimbang pada lantai atau atap terhadap kolom luar atau dalam harus diperhitungkan. Demikian pula pengaruh dari beban eksentris
3. Dalam menghitung momen akibat beban gravitasi yang bekerja pada kolom, ujung-ujung terjauh kolom dapat dianggap jepit, selama ujung-ujung tersebut menyatu (*monolite*) dengan komponen struktur lainnya
4. Momen-momen yang bekerja pada setiap level lantai atau atap harus didistribusikan pada kolom di atas dan di bawah lantai tersebut berdasarkan kekakuan *relative* kolom dengan juga memperhatikan kondisi kekekangan pada ujung kolom.

Asumsi perencanaan berdasarkan grafik berikut ini:



Gambar 3. Tegangan Regangan Kolom Beton Bertulang

Notasi:

P_n = Kekuatan aksia nominal penampang

B = Lebar muka tekan komponen struktur

d = Jarak dari serat tekan ke pusat tulangan tarik

d' = Jarak dari serat tekan ke pusat tulangan tekan

A_s' = Luas tulangan tekan

A_s = Luas tulangan tarik

f'_c = Kuat tekan beton

f_y = Kuat leleh tulangan baja

X_b = Jarak serat atas ke garis netral

a = Tinggi balok persegi ekuivalen

Berdasarkan gambar 3 dan untuk memudahkan perhitungan maka didapat asumsi sebagai berikut:

$$C1 = 0,85 f'c (Ag - Ast) \dots\dots\dots 2.6$$

$$C2 = fy.As \dots\dots\dots 2.7$$

$$C3 = fy.As' \dots\dots\dots 2.8$$

dimana:

$f'c$ = Kuat tekan beton

Ag = Luas penampang beton

Ast = Luas total tulangan longitudinal

fy = Kuat leleh baja tulangan

As = Luas tulangan tarik baja

As' = Luas tulangan tekan baja

C = Resultan gaya

$$\sum V = 0$$

$$P0 = C1 + C2 + C3$$

$$P0 = 0,85 f'c (Ag - Ast) + fy.Ast \dots\dots\dots 2.9$$

$$\phi Pn maks = 0,85 \phi [0,85 f'c (Ag - Ast) + fy.Ast] \text{ untuk tulangan spiral } 2.10$$

$$\phi Pn maks = 0,80 \phi [0,85 f'c (Ag - Ast) + fy.Ast] \text{ untuk sengkang } \dots\dots\dots 2.11$$

dimana: Po = Kekuatan aksial nominal

Pn = Kekuatan aksial nominal penampang

C = Resultan gaya

$f'c$ = Kekuatan tekan beton

Ag = Luas penampang beton

Ast = Luas total tulangan longitudinal

fy = Kekuatan leleh baja tulangan

Kekuatan pada kolom dapat direncanakan

dengan persamaan di bawah ini :

$$K = 12 \frac{EI}{H^3} \dots\dots\dots 2.12$$

Dimana : k = kekakuan

E = modulus elastis

I = inersia

H = tinggi

Kekakuan pada kolom dapat direncanakan dengan menggunakan

persamaan bahwa ini :

$$4700 \sqrt{f'c} \dots\dots\dots 2.13$$

Dimana: f'c = kuat tekan beton (Mpa)

Dengan inersia penampang persegi dapat diambil dengan persamaan

sibawah ini:

$$I = \frac{1}{12} b h^3 \dots\dots\dots 2.14$$

Dimana: I = inersia penampang

b = lebar penampang

h = panjang penampang

2.31.1 Penulangan Geser Kolom

Untuk komponen struktur non-prategan, tulangan geser boleh jga terdiri

dari :

- a. sengkang yang membuat sudut 45 derajat atau dengan lebih tulangan tarik longitudinal
- b. tulangan longitudinal dengan bagian yang dibengkokkan yang membuat sudut sebesar 30 derajat atau lebih dari tulangan tarik longitudinal
- c. kombinasi sengkang dan tulangan longitudinal yang dibengkokkan

Untuk nilai f_y dan f_{yt} yang digunakan dalam desain tulangan geser tidak boleh melebihi 420 Mpa, kecuali nilai tersebut tidak boleh melebihi 550 Mpa, untuk tulangan ulir kawat las. Jika pasal 11. 4 diterapkan pada komponen struktur prategan, d harus diambil sebagai jarak dari serat terjauh ke pusat tulangan tarik longitudinal prategan dan non prategan, jika ada tetapi tidak perlu diambil kurang dari $0,80h$.

2.31.2 Batas Spasai tulangan geser

Spasi tulangan geser yang di pasang tegak lurus terhadap sumbu komponen struktur tidak boleh melebihi $d/2$ pada komponen struktur non prategan dan $0,75h$ pada komponen struktur prategan, 600 mm. Untuk sengkang miring dan tulangan longitudinal harus dipasan spasi sedemikian hingga setiap garis 45 derajat, menerus ke arah reaksi dari tengah tinggi komponen struktur $d/2$ ke tulangan tarik longitudinal, harus disilang oleh paling sedikit satu garis tulangan geser.

2.31.3 Tulangan transversal kolom

Ujung ujung kolom perlu cukup pengekangan untuk menjamin daktilitas apabila terjadi pembentukan sendi plastis. Perlu juga tulangan transversal untuk

mencegah pertama kegagalan geser sebelum penampang mencapai kapasitas lentur dan kedua tulangan menekuk.

Sesuai pasal 21.6.4.4 SNI 2847 – 2013, luas penampang total tulangan sengkang persegi ditentukan:

$$A_{sh} = 0,3 \frac{s_{bc} f'_c}{f_{yt}} \left[\left(\frac{A_g}{A_{ch}} \right) - 1 \right]$$

$$A_{sh} = 0,9 \frac{s_{bc} f'_c}{f_{yt}}$$

Keterangan:

A_{sh} = Luas tulangan penampang sengkang tertutup persegi

A_g = Luas bruto penampang

A_{ch} = Luas penampang dari sisi luar keisi tulangan transversal

H_c = Dimensi penampang diri kolom diukur dari sumbu ke sumbu tulangan pengekan

S = spasi tulangan

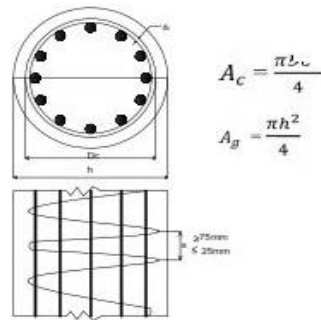
f_{yt} = tegangan leleh baja tulangan

f'_c = kuat tekan beton

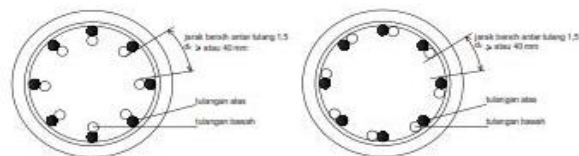
Sesuai pasal 21.6.4.3 SNI 2847 – 2013, Spasi tulangan transversal sepanjang panjang l_o komponen struktur tidak boleh melebihi yang terkecil dari:

- a. $\frac{1}{4}$ dimensi komponen struktur minimum
- b. 6 kali diameter batang tulangan longitudinal yang terkecil
- c. $S_o = 100 + \frac{350 - h_x}{3}$

Dengan nilai S_o tidak boleh melebihi 150 mm dan tidak perlu diambil kurang dari 100 mm.



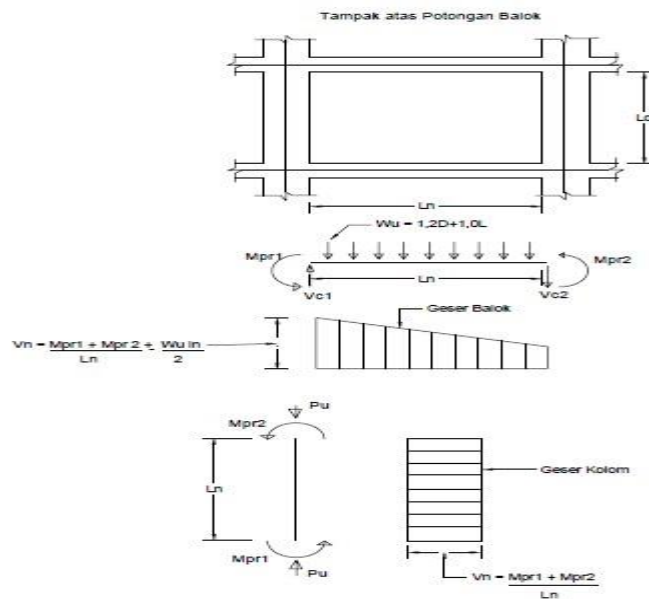
Gambar 2.16 Kolom Dengan Tulangan Spiral



Gamabar 2.13 kolom bulat

2.32 Hubungan Balok Kolom

Hubungan balok kolom merupakan hubungan antara pertemuan struktur balok dengan struktur kolom. Berdasarkan SNI 2847:2013 menjelaskan suatu balok yang merangka pada suatu hubungan balok kolom dianggap memberikan kekekangan bila setidaknya tiga per empat bidang muka hubungan balok kolom tersebut tertutupi oleh balok yang merangka tersebut. Hubungan balok kolom dikatakan terkekang bila ada empat balok yang merangka pada keempat sisi hubungan balok kolom tersebut. Adapun hubungan pertemuan ini mempengaruhi dari gaya geser yang akan ditimbulkan baik gaya geser dari struktur balok maupun gaya geser dari setruktur kolom.



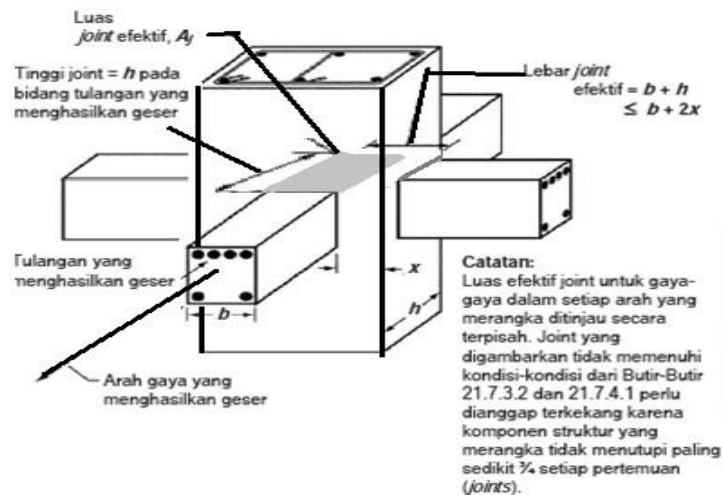
Gambar 2.14 Geser desain untuk balok dan kolom

Berdasarkan SNI 2847:2013 memberikan suatu penjelasan bahwa gaya geser desain, V_e , harus ditentukan dari peninjauan gaya statis pada bagian komponen struktur antar muka *joint*. Harus diasumsikan bahwa momen - momen dengan tanda berlawanan yang berhubungan dengan kekuatan momen lentur yang mungkin, M_{pr} , bekerja pada muka-muka *joint* dan bahwa komponen struktur dibebanin dengan beban gravitasi terfaktor sepanjang batangnya.

Catatan yang perlu diperhatikan terhadap gambar 7 diatas:

- Arah gaya geser V_e , tergantung pada besaran relatif beban gravitasi dan geser yang dihasilkan oleh momen-momen ujung
- Momen-momen ujung M_{pr} , berdasarkan pada tegangan tarik baja sebesar $1.25 f_y$
- Momen ujung kolom tidak perlu lebih besar dari momen ujung balok yang merangka kedalam *joint* balok kolom

- d. Harus memenuhi persyaratan dimana momen nominal kolom harus lebih besar dari 1,2 kali momen nominal balok



Gambar 2.15. Ilustrasi sambungan balok kolom SNI 2847 – 2013

Gaya geser terfaktor yang bekerja pada hubungan balok-kolom, V_u , dihitung sebagai berikut:

- a. Untuk Join Interior

$$V_u = 1,25 (A_s + A_s') f_y - v_{kol} \dots\dots\dots 2.15$$

- b. Untuk Join Exterior (ambil nilai terbesar dari)

$$V_u = 1,25 (A_s + A_s) f_y - v_{kol} \dots\dots\dots 2.16$$

$$V_u = 1,25 (A_s + A_s') f_y - v_{ko} \dots\dots\dots 2.17$$

Dengan

F_y = tegangan leleh baja tulangan

A_s = Luasan tulangan tarik balok

A_s' = Luasan tulangan tekan balok

V = Gaya geser terfaktor

V_{kol} = Gaya geser pada kolom di sisi atas dan bawah
 hubunga balok kolom

Gaya geser pada kolom, v kolom, dapat dihitung berdasarkan nilai M_{pr^-} – dan M_{pr^+} + dibagi dengan setengah h tinggi kolom atas (h_1) ditambah setengah tinggi kolom bawah (h_2). Jika dituliskan dalam bentuk persamaan dadalah :

$$V_{kol} = \frac{M_{pr^+} + M_{pr^-}}{\frac{h_1}{2} + \frac{h_2}{2}} \dots\dots\dots 2.18$$

Diman: v_{kol} = gaya geser kolom

M_{pr^+} = kekuatan lentur komponen struktur balok dengan
 perencanaan tulangan tarik

M_{pr^-} = kekuatan lentur komponen struktur balok dengan
 perencanaan tulangan tekan

H_1, h_2 = tinggi kolom

Menghitung tegangan geser nominal dalam joint

$$V_n = \frac{v_u}{b_j \cdot h_c} \dots\dots\dots 2.19$$

Dengan:

v_n	Tegangan geser nominal <i>joint</i>
V_u	Gaya geser terfaktor
b_j	Lebar efektif hubungan balok kolom
h_c	Tinggi efektif kolom pada hubungan balok kolom

Seperti yang tertera pada gambar 8 lebar efektif kolom diambil nilai terkecil dari persamaan berikut ini

- a. Lebar balok ditambah tinggi *joint*

$$b_j = b + h_j \dots\dots\dots 2.20$$

- b. Dua kali jarak tegak lurus yang lebih kecil dari sumbu longitudinal balok ke sisi kolom

$$b_j = \leq b + 2x \dots\dots\dots 2.21$$

dengan: b_j = Lebar efektif hubungan balok kolom

h_j = tinggi join

b = lebar balok

x = selisi antara sisi terluar balok ke sisi terluar kolom

Nilai gaya geser V_n tidak boleh lebih besar dari persyaratan berikut ini:

- a. Untuk menghubungkan balok kolom yang tertekang pada keempat sisinya maka

$$1,7\sqrt{f'c} A_j(\text{ Mpa}) \dots\dots\dots 2.22$$

- b. Untuk hubungan yang terkekang pada ketiga sisinya atau dua sisi yang berlawanan maka

$$1,25\sqrt{f'c} A_j(\text{ Mpa}) \dots\dots\dots 2.23$$

- c. Untuk hubungan lainnya maka

$$1\sqrt{f'c} A_j(\text{ Mpa}) \dots\dots\dots 2.24$$

Dengan : $f'c$ = kuat tekan beton

F_c = luas penampang efektif

Syarat tegangan geser maksimum harus memenuhi persyaratan berikut

$$\phi V_n \geq V_u \dots\dots\dots 2.25$$

Dimana : ϕ = Faktor reduksi
 V_n = Tegangan geser nominal
 V_u = Tegangan geser ultimate

Menghitung tegangan geser yang dipikul oleh beton (v_c)

$$V_c = \frac{2}{3} \sqrt{\left[\left(\frac{N_{n,k}}{A_g}\right) - 0,1 f'_c\right]} \dots\dots\dots 2.26$$

Dengan: v_c = tegangan geser yang dipikul beton
 $N_{n,k}$ = gaya aksial kolom
 A_g = luas penampang kolom
 F'_c = kuat tekan beton

Tulangan transversal pada hubungan balok-kolom diperlukan untuk memberikan kekangan yang cukup pada beton, sehingga mampu menunjukkan perilaku yang duktail dan tetap dapat memikul beban vertikal akibat gravitasi meskipun telah terjadi pengelupasan pada selimut betonnya.

Merencanakan penulangan geser:

- a. bila $v_n \leq v_c$ digunakan tulangan geser minimum
- b. bila $v_n > v_c$ perlu tulangan geser

Luas total tulangan transversal tertutup persegi tidak boleh kurang daripada

$$A_{sh} = 0,09 \frac{s b c f'_c}{f_{yt}} \dots\dots\dots 2.27$$

$$A_{sh} = 0,3 \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1\right) \frac{s b c f'_c}{f_y} \dots\dots\dots 2.28$$

Dengan :

A_{sh} = luas tulangan transversal yang disyaratkan
 bc = lebar inti kolom yang diukur dari as longitudinal kolom

A_g = luas penampang kolom

A_{ch} = luas inti penampang kolom

F'_c = kuat tekan kolom

F_y = kuat leleh tulangan baja

S = jarak antar tulangan transversal

BAB III

DATA PERENCANAAN

3.1 Data - Data Perencanaan

3.1.1 Data Bangunan

Nama gedung	=	Gedung Kantor Pusat Stikes Kepanjen Malang
Fungsi Bangunan	=	Gedung Perkantoran
Jenis Struktru	=	Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus
Panjang banguna	=	25 m
Lebar bangunan	=	16 m
Tinggi Bangunan	=	32 m
Jumlah Lantai	=	7 lantai
Tinggi lantai 1	=	5 m
Tinggi lantai (2-7)	=	4,5 m
Tebal plat (hf) 1-6	=	12 cm
Tebal Plat atap	=	10 cm
Tegangan leleh Tulangan ulir f_y	=	390 Mpa
Tegangan Leleh Tulangan polos f_y	=	240 Mpa
Kuat Tekan Beton f'_c	=	30 Mpa
Tegangan Putus (f_u)	=	350 Mpa

3.1.2 Perhitungan Gedung Dengan Kolom Bulat

3.1.2.1 Data Pembebanan Gedung Dengan Kolm Bulat

Data pembebanan gedung dengan kolom bulat juga mengacu pada data awal perencanaan perhitungan struktur gedung Kantor Pusat Stikes

Kepanjen Kota Malang. yang perencanaannya menggunakan kolom persegi. Data pembebanan ini juga diambil dari perencanaan perhitungan struktur yang menggunakan program Staad Pro.

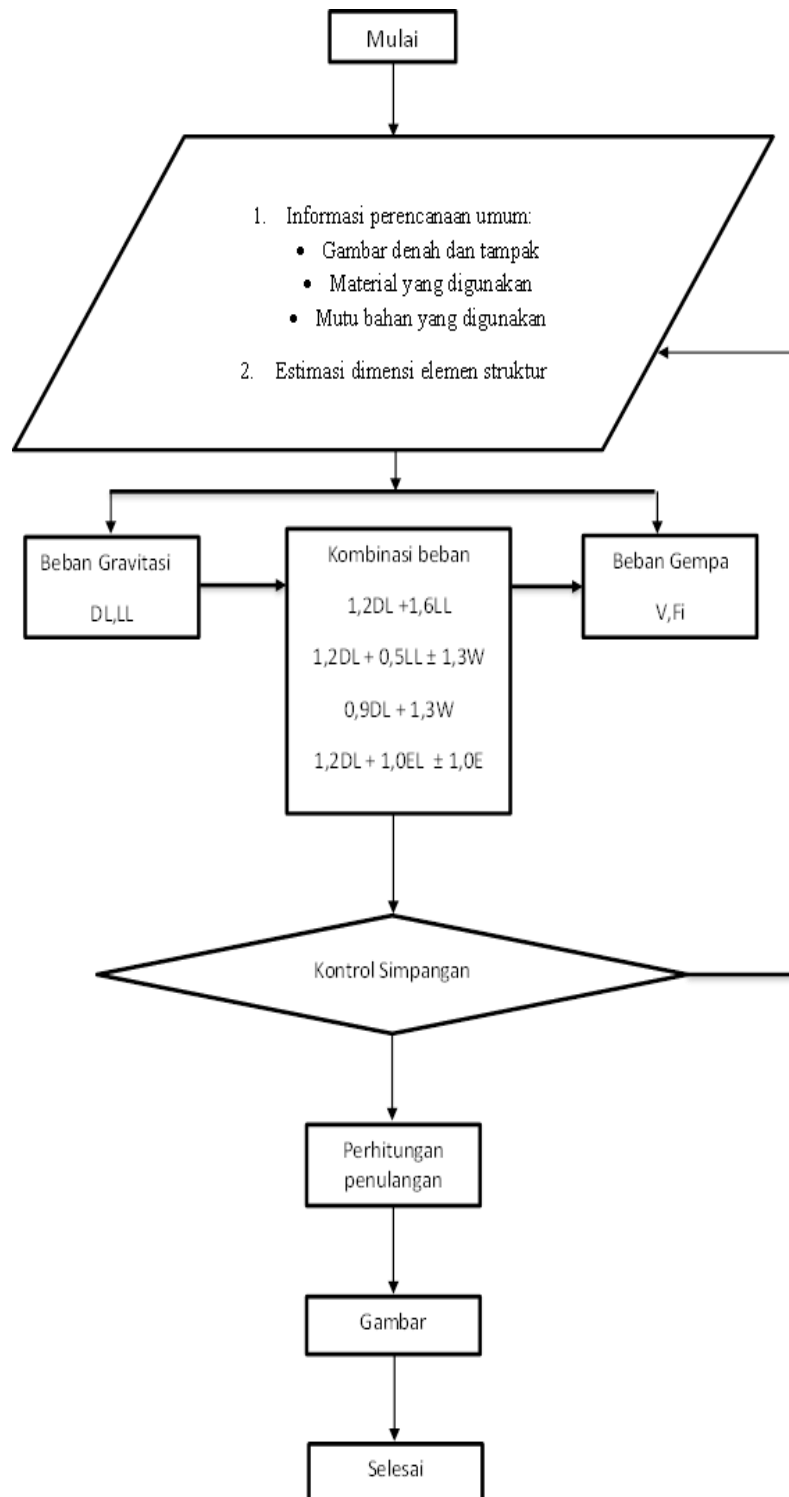
3.1.2.2 Data Pembebanan Gedung Dengan Kolm Bulat

Analisa statika pada perhitungan dengan kolom bulat yang menggunakan program Staad Pro sesuai ketentuan dimensi yang sudah ditetapkan.

3.1.2.3 Cek Kapasitas Kolom Bulat

Perhitungan kapasitas kolom bulat digunakan untuk mengetahui apakah penulangan kolom yang dihasilkan mampu untuk menahan kombinasi beban aksial dan momen lentur yang ditahan oleh kolom, dengan ketentuan beban aksial nominal (P_n) > beban aksial perlu (P_u) dan beban momen nominal (M_n) > beban momen perlu (M_u). Apabila hasil perhitungan kapasitas tidak memenuhi maka dilakukan kembali perhitungan penulangan kolom bulat.

Diagram aliran



3.2 Data Pembebanan

Berdasarkan Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung 03 – 2847 – 2013 maka beban hidup dan berat sendiri diatur sebagai berikut:

➤ **Beban Mati:**

$$\text{Berat spesi per cm tebal} = 0,21 \text{ KN/m}^2$$

$$\text{Berat tegel per cm tebal} = 0,24 \text{ KN/m}^2$$

$$\text{Berat plafond + rangka penggantung} = (11+7) = 0,18 \text{ KN/m}^2$$

$$\text{Berat jenis dinding} = 17 \text{ KN/m}^3$$

$$\text{Berat jenis beton} = 24 \text{ KN/m}^3$$

➤ **Beban hidup:**

$$\text{Beban hidup lantai 1 sampai 7} = 2,5 \text{ KN/m}^2$$

$$\text{Beban guna/ beban hidup pada Atap} = 1 \text{ KN/m}^2$$

$$\text{Berat jenis air hujan} = 10 \text{ KN/m}^3$$

$$\text{Ruang Pelengkap} = 2,5 \text{ KN/m}^2$$

$$\text{Ruang alat – alat dan mesin} = 4 \text{ KN/m}^2$$

$$\begin{aligned} \diamond \text{ Modulus Elastisitas beton : } E &= 4700 \times \sqrt{f_c} \\ &= 4700 \times \sqrt{30} \\ &= 25742.9602 \text{ Mpa} \\ &= 2.57429602 \times 10^9 \text{ Kg/m}^2 \end{aligned}$$

3.3 Perencanaan Dimensi Balok Kolom

3.3.1 Dimensi Balok

Menurut SNI 03-2847-2013 pasal 21.5.1.3 dikatakan bahwa lebar balok (b) tidak boleh kurang dari 250 mm dan perbandingan lebar (b) terhadap tinggi (h) tidak boleh kurang dari 0,3

- untuk panjang balok induk = 5 m = 500 cm

$$h_{\max} = \frac{1}{10} L = \frac{1}{10} 500 = 50 \text{ cm}$$

$$h_{\min} = \frac{1}{15} L = \frac{1}{15} 500 = 33,3 \text{ cm}$$

dipakai h dengan ukuran 60 cm

$$b_{\max} = \frac{2}{3} H = \frac{2}{3} 60 = 40 \text{ Cm}$$

$$b_{\min} = \frac{1}{2} H = \frac{1}{2} 60 = 30 \text{ Cm}$$

Maka dipakai b ukuran 40 cm

Maka dimensi balok tipe 1 untuk bentang 4,5 m direncanakan ukuran 30/60

$$\frac{B}{H} = \frac{30}{60} = 0,5000 > 0,3 \quad \dots\dots\dots \text{OK} \quad -$$

- Untuk balok induk ukuran 4,5 m = 450 cm

$$\frac{B}{H} = \frac{30}{60} = 0,5000 > 0,3 \quad \dots\dots\dots \text{OK}$$

- Untuk balok induk ukuran 3 m = 300 cm

$$\frac{B}{H} = \frac{30}{60} = 0,5000 > 0,3 \dots\dots\dots \text{OK}$$

Dimensi balok tipe 2 untuk bentang 5 m, direncanakan ukuran 20/40

$$\frac{B}{H} = \frac{20}{40} = 0,5 > 0,3 \dots\dots\dots \text{OK}$$

Dimensi balok tipe 2 untuk bentang 4 m, direncanakan ukuran 20/40

$$\frac{B}{H} = \frac{20}{40} = 0,5 > 0,3 \dots\dots\dots \text{OK}$$

3.2.2 Dimensi Kolom

Menurut SNI 2847-2013 pasal 21.6.1.1 dan 26.6.1.2 dikatakan bahwa ukuran penampang terkecil tidak boleh kurang dari 300 mm dan perbandingan antara ukuran terkecil penampang terhadap ukuran dalam arah tegak lurus tidak boleh kurang dari 0,4. kolom dengan penampang bulat di pakai ukuran D 60.

- Dipakai kolom berukuran = 60/60

$$\frac{60}{60} = 1 > 0,4 \text{ (ok)}$$
- Dipakai kolom berukuran = 50 / 70

$$\frac{50}{70} = 0.714 > 0,4 \text{ (ok)}$$
- Dipakai kolom berukuran = 40 / 40

$$\frac{40}{40} = 1 > 0,4 \text{ (OK)}$$
- Dipakai kolom berukuran = 30 / 30

$$30 / 30 = 1 > 0,4 \quad (\text{OK})$$

3.2.3 Dimensi Plat

Digunakan tebal plat 12 cm untuk lantai 1 s/d lantai 6 dan tebal untuk lantai atap 10 cm.

3.2.4 Berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 8.12 batasan menentukan nilai (bf)

lebar efektif balok T ialah:

$$B_f \leq \frac{1}{4}$$

$$B_f \leq b_w + 8 \cdot T_{\text{Kiri}} + 8 \cdot t_{\text{Kanan}}$$

$$B_f \leq b_w + \frac{1}{2} \cdot L_{\text{Kiri}} + \frac{1}{2} \cdot L_{\text{Kanan}}$$

Dimana :

$$B_f = \text{lebar efektif balok (mm)}$$

$$L = \text{bentang balok (mm)}$$

$$T_{\text{kiri}} = \text{tebal plat sisi kiri (mm)}$$

$$T_{\text{kanan}} = \text{tebal plat sisi kanan (mm)}$$

$$L_{\text{kiri}} = \text{jarak bersih ke badang sebelah kiri (mm)}$$

$$L_{\text{kanan}} = \text{jarak bersih ke badang sebelah kanan (mm)}$$

Balok T1

Diketahui:

$$B_w = 200 \text{ mm} \quad i = 400 \text{ mm}$$

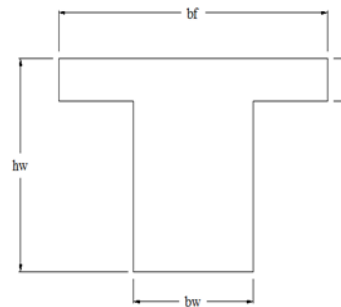
$$H_w = 400 \text{ mm} \quad L_{\text{Kiri}} = 5000 - 600 = 4400 \text{ mm}$$

$$T = 120 \text{ mm} \quad L_{\text{Kanan}} = 5000 - 600 = 4400 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} B_f &\leq b_w + 8 \times t_{\text{kiri}} + 8 \times t_{\text{Kanan}} \\ &\leq 200 + 8 \times 120 + 8 \times 120 \\ &\leq 2120 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} B_f &\leq +\frac{1}{2} L_{\text{Kiri}} + \frac{1}{2} L_{\text{Kanan}} \\ &\leq 200 + \frac{1}{2} \times 4400 + \frac{1}{2} \times 4400 \\ &\leq 4600 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} B_f &\leq \frac{1}{4} \cdot L \\ &\leq \frac{1}{4} \cdot 4000 \\ &\leq 1000 \text{ mm} \end{aligned}$$



Maka, nilai b efektif yang dipakai ialah: 1000 mm

Balok T2

Diketahui:

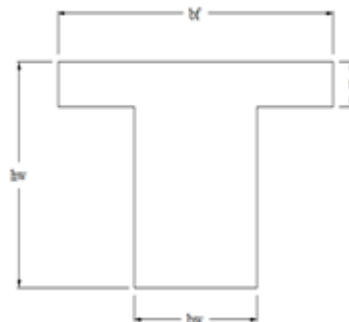
$$B_w = 350 \text{ mm} \quad i = 4500 \text{ mm}$$

$$H_w = 500 \text{ mm} \quad L_{\text{Kiri}} = 5000 - 600 = 4400 \text{ mm}$$

$$T = 120 \text{ mm} \quad L_{\text{Kanan}} = 5000 - 600 = 4400 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} B_f &\leq b_w + 8 \times t_{\text{kiri}} + 8 \times t_{\text{Kanan}} \\ &\leq 350 + 8 \times 120 + 8 \times 120 \\ &\leq 2270 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} B_f &\leq +\frac{1}{2} L_{\text{Kiri}} + \frac{1}{2} L_{\text{Kanan}} \\ &\leq 350 + \frac{1}{2} \times 4400 + \frac{1}{2} \times 4400 \\ &\leq 4750 \text{ mm} \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 B_f &\leq \frac{1}{4} \cdot L \\
 &\leq \frac{1}{4} \cdot 4500 \\
 &\leq 1125 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

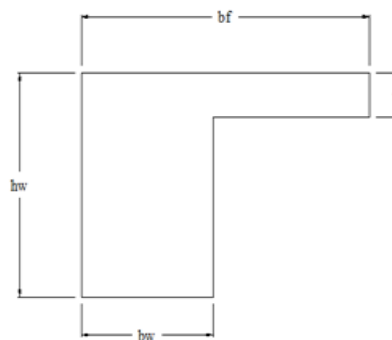
Maka, nilai b efektif yang dipakai ialah: 1125 mm

Balok L1

Diketahui:

$$\begin{aligned}
 B_w &= 350 \text{ mm} & i &= 5000 \text{ mm} \\
 H_w &= 500 \text{ mm} & L &= 4400 - 400 = 3600 \text{ mm} \\
 T &= 120 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 B_f &\leq \frac{1}{12} \cdot L \\
 &\leq \frac{1}{12} \cdot 5000 \\
 &\leq 416,667 \text{ mm} \\
 B_f &\leq b_w + 6 t \\
 &\leq 350 + 6 \times 120 \\
 &\leq 1070 \text{ mm} \\
 B_f &\leq b_w \cdot \frac{1}{2} \cdot L \\
 &\leq 350 \cdot \frac{1}{2} \cdot 3600 \\
 &\leq 2150 \text{ mm}
 \end{aligned}$$



Maka, nilai b efektif yang dipakai ialah: 416,667 mm

3.3 Perhitungan Pembebanan Struktural

3.3.1 Pembebanan pada Atap

Beban hidup pada atap

$$\begin{aligned} \text{Beban Guna} &= 1 \text{ Kn} &= 1 \text{ Kn/m}^2 \\ Q_l &= 1 \text{ Kn/m}^2 \end{aligned}$$

3.3.2 Perhitungan Pembebanan Lantai

Dimensi plat lantai 2- 6 dengan ketebalan 12 cm

Beban Hidup

Beban hidup untuk lantai = $2,5 \text{ kN/m}^2$

Beban Mati

Berdasarkan perhitungan struktur ini dengan menggunakan Metode Plat Mishing, sehingga berat sendiri plat, balok dan kolom tidak dihitung karena sudah diperhitungkan pada self weight / berat sendiri (program bantu komputer: STAAD PRO)

Beban Mati dinding pada Balok

- Balok memanjang A, B, C, D, E, F

Dimensi balok = lebar = 0,3 m, tinggi = 0,6 m

Tinggi kolom = 5 m

Tebal dinding = 0,15 m

Panjang dinding = 1 m (diambil 1 m panjang)

Berat jenis dinding = 17 KN/m^3

Jadi berat qd = $(5 - 0,6) \times 0,15 \times 1 \times 17 = 11,22 \text{ KN/m}$

- Balok anak memanjang line A'

Dimensi balok = lebar = 0,2 m, tinggi = 0,4 m

Tinggi kolom = 5 m

Tebal dinding = 0,15 m

Panjang dinding = 1 m (diambil 1 m panjang)

Berat jenis dinding = 17 KN/m^3

Jadi berat qd = $(4,5 - 0,2) \times 0,15 \times 1 \times 1700 = 11,73 \text{ KN/m}$

- **Balok melintang 1,2,3,4**

Dimensi balok = lebar = 0,3 cm, tinggi = 0,6 cm

Tinggi kolom = 5 m

Tebal dinding = 0,15 cm

Panjang dinding = 1 m (diambil 1 m panjang)

Berat jenis dinding = 17 KN

Jadi berat qd = $(5 - 0,6) \times 0,15 \times 1 \times 1700 = 11,22 \text{ KN/m}$

- **Balok anak melintang line 3'**

Dimensi balok = lebar = 0,2 cm, tinggi = 0,4 cm

Tinggi kolom = 5 m

Tebal dinding = 0,15 cm

Panjang dinding = 1 m (diambil 1 m panjang)

Berat jenis dinding = 17 KN

Jadi berat qd = $(4,5 - 0,2) \times 0,15 \times 1 \times 1700 = 11,73 \text{ KN/m}$

3.3.2 perhitungan pembebanan 2 – 6

Dimensi plat lantai 2 - 6 dengan ketebalan 12 cm

Beban Hidup

Beban hidup untuk lantai = $2,50 \text{ KN/m}^2$

Beban Mati

Berdasarkan perhitungan struktur ini dengan menggunakan Metode Plat Mishing, sehingga berat sendiri plat, balok dan kolom tidak dihitung karena sudah diperhitungkan pada self weight / berat sendiri (program bantu komputer: STAAD PRO)

Beban Mati pada Balok

- **Balok memanjang A, B, C, D, E, F**

Dimensi balok = lebar = 0,3 cm, tinggi = 0,6 cm

Tinggi kolom = 4,5 m

Tebal dinding = 0,15 cm

Panjang dinding = 1 m (diambil 1 m panjang)

Berat jenis dinding = 1700 kn

Jadi berat qd = $(4,5 - 0,6) \times 0,15 \times 1 \times 1700 = 9,95 \text{ KN/m}$

- **Balok anak memanjang line A'**

Dimensi balok = lebar = 0,2 cm, tinggi = 0,4 cm

Tinggi kolom = 4,5 m

Tebal dinding = 0,15 cm

Panjang dinding = 1 m (diambil 1 m panjang)

Berat jenis dinding = 17 kn

Jadi berat qd = $(4,5 - 0,2) \times 0,15 \times 1 \times 1700 = 10,46 \text{ KN/m}$

- **Balok melintang 1,2,3,4**

Dimensi balok = lebar = 0,3 cm, tinggi = 0,6 cm

Tinggi kolom = 4,5 m

Tebal dinding = 0,15 cm

Panjang dinding = 1 m (diambil 1 m panjang)

Berat jenis dinding = 17 kn

Jadi berat qd = $(4,5 - 0,6) \times 0,15 \times 1 \times 1700 = 9,95 \text{ KN/m}$

- **Balok Melintang line 3**

Dimensi balok = lebar = 0,2 cm, tinggi = 0,4 cm

Tinggi kolom = 4,5 m

Tebal dinding = 0,15 cm

Panjang dinding = 1 m (diambil 1 m panjang)

Berat jenis dinding = 17 kn

Jadi berat qd = $(4,5 - 0,2) \times 0,15 \times 1 \times 1700 = 10,46 \text{ KN/m}$

3.4 Langkah – Langkah Pendimensian Struktur 3D Pada Staad Pro 2008:

Pemodelan Struktur:

Open Staad Pro 2008 → Space kemudian (isi file name, lokasi penyimpanan file, Title/judul tugas) → Pilih Unit (Meter, KN) kemudian pilih Next → Yes → Add Beam → finish, digambar dengan menggunakan sumbu global X,Z kemudian gambar denah sesuai ukuran bangunan pake Snap Node/Beam → Geometri: Intersect selected members → Enter tolerance = 0 → kemudian Okey → Yes → Untuk menggambar stuktur lantai atas dipilih menu Translational repeat → Global direction pilih Y → Default step spacing = 5 m (sesuai tinggi lantai dari lantai dasar ke lantai berikutnya) → Number of step (diisi sesuai dengan jumlah tingkat yang ada dalam struktur) → pilih Link Steps → Ok

→ Kemudian dihapus batang pada lantai dasar.

Pendimensian:

Pilih menu commands → member property → Prismatic → pilih Rectangle untuk kolom / balok yang berbentuk persegi, pilih Circle untuk kolom/balok yang berbentuk bulat, diisi sesuai ukuran: YD = h, ZD = b untuk balok dan untuk kolom bulat pilih circle masukan nilai YD = Diameter → Assign → close.

Tumpuan:

Pilih menu commands → support specifications → fixed (untuk tumpuan jepit) → Assign → close.

Pembebanan:

Pilih menu commands → loading primary load → create new primary load case: Title diisi nama beban **ke -1** (beban mati) → pilih selfweight untuk berat sendiri

struktur: Direction = Y Facctor/nilai = -1 → Assign. Kemudian diisi beban mati berikutnya yang bekerja pada lantai (plate load) nilai beban diisi sesuai dengan perhitungan, Kemudian diisi beban mati berikutnya yang bekerja pada batang/balok (member load) nilai beban diisi sesuai dengan perhitungan.

New Load: diisi nama beban **Ke-2** (beban Hidup) yang bekerja pada lantai (plate)

diisi nilai beban hidup (ql) menurut Pembebanan Indonesia Untuk Gedung

SNI 03 – 1726 – 2012. **New Load:** diisi nama beban **Ke-3** (beban gempa) yang bekerja pada struktur diisi nilai pembebanan sesuai dengan berat sendiri tiap lantai yang akan dibebankan pada pusat massa yaitu arah sumbu X dan Z.

1. Mengisi Nilai Beban Gempa

Beban Gempa Dinamik Arah X, Z dan Y

Lantai	FX (KN)	FZ (KN)	FY(KN)
			Wi * 10%
2	2579.0898	2579.0898	25750.898
3	2275.0718	2275.0718	22750.718
4	2275.0718	2275.0718	22750.718
5	2275.0718	2275.0718	22750.718
6	2275.0718	2275.0718	22750.718
7	2265.1616	2265.1616	22651.616
8	1753.8857	1753.8857	17538.857

Diisi nilai gaya geser gempa yang telah dihitung tiap lantai pada kotak, Fx, Fy dan Fz, dimana Fx dan Fz adalah gaya lateral gempa sedangkan Fy adalah beban gravitasi bumi efeknya hanya $\pm 10\%$ akibat beban gempa.

2. Mengatur Response Spectrum Load → Parameter

Klik pada Menu Spectrum akan tampil seperti diatas, kemudian kita mengisi parameter-parameter tersebut sesuai dengan peraturan gempa yang kita gunakan di Indonesia.

Parameter: Combination Method → CQC, Spectrum Type → *Acceleration*, Interpolation Type → *Linear*, Direction: $X = 1$, $Y = 1$, $Z = 0$, 3 Damping → $0,05$ Scale → 1.2 , Dalam menganalisa beban gempa dinamik (SNI – 1726 – 2013)

Untuk mensimulasi arah pengaruh gempa yang sembarang terhadap struktur gedung, pengaruh pembebanan gempa dalam arah utama yang ditentukan menurut pasal 5.8.1 harus dianggap efektif 100 % dan harus dianggap terjadi bersamaan dengan pengaruh pembebanan gempa dalam arah tegak lurus pada arah utama pembebanan tadi, tetapi dengan efektifitas hanya 30%. Sehingga dalam parameter Specturm Load Direction diisi: $X = 1$, $Y = 1$ dan $Z =$

3. Mengatur Response Spectrum Load → Define Spectrum Pairs

Koefisien gempa dasar untuk wilayah gempa 6 tanah sedang, dengan perhitungan Response Spectrum Gempa Rencana diperoleh nilai $C = 0,51$ (SNI 1726 – 2012).

New Load Combinatioan:

Load comb 4 kombinasi 1

1 1.2 2 1.6 → $(1, 2 D + 1, 6 L)$

Load comb 5 kombinasi 2

$$1.1.2.2.1.3.1 \rightarrow (1, 2 \text{ DL} + 1 \text{ LL} + 1 \text{ EQ})$$

Design:

Pilih Concrete design karena struktur portal yang didesain menggunakan material beton → **Select parameter:** diisi nilai parameter desain (f'_c dan f_y) sesuai dengan data perencanaan → Assign. **Define parameter:** diisi nilai f_c dan f_y sesuai dengan data perencanaan. **Design Command:** dipilih Design Beam=desain balok → Assign. Design Column = desain kolom → Assign, Design Slab/Element = desain elemen/plat → Assign. **Take off:** menampilkan berat volume beton → Assign...

Untuk menghitung berat struktur perlantai

Command → Post, Analysis Print → CG → Yes

Untuk menghitung Drift

Command → Post, Analysis Print → Story Drift → Yes

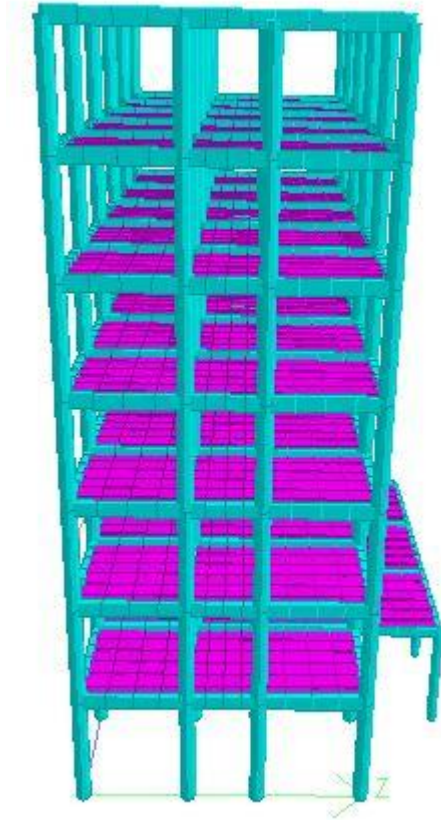
Analysis:

Command → Analysis → perform Analysis → No Print → Add → Clos

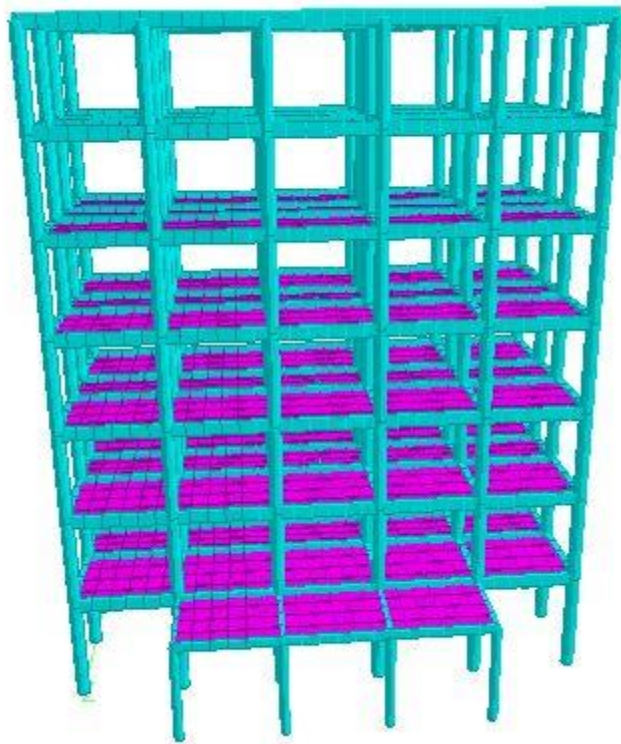
Run Analysis:

Analyze → Run Analysis → Staad Analysis → Run analysis → Save

Perhitungan Pusat Masa (center of mass) dan Pusat Kekakuan (center of rigidity) Struktur.



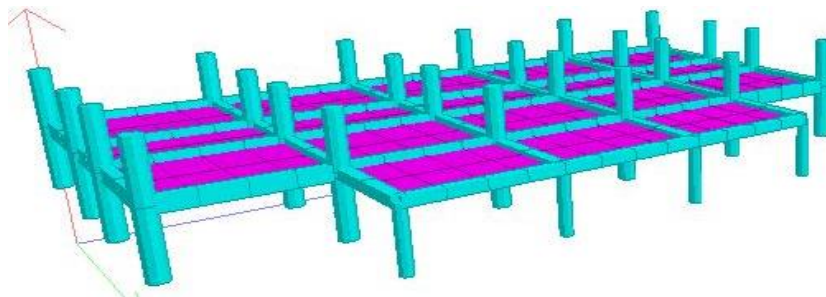
Gambar 3.1 portal 3D dalam bentuk isometri



Gambar 3.2 Render portal 3D tampak depan

3.5 Gambar dan perhitungan pusat massa Lantai

- Potongan lantai 2



Gambar 3.3 Potongan Lantai 2

Berat dan Koordinat pusat masa Lantai 2 (Center of Mass) dari Hasil Staad Pro

Tabel 3.2 Berat dan Koordinat Lantai 2

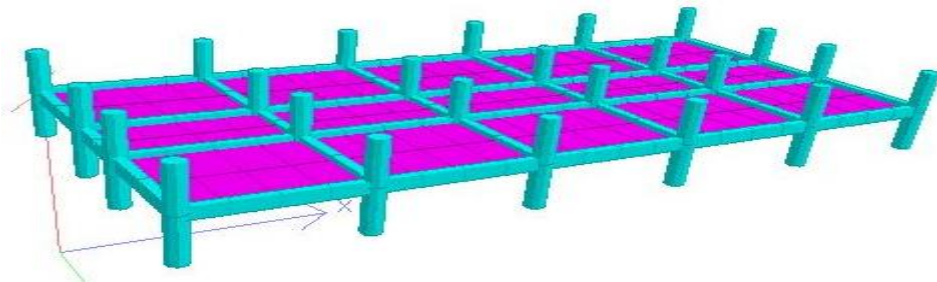
Berat (KN)	Koordinat (m)	
	X	Z
2659,3677	12,5000	7,0181

CENTER OF GRAVITY OF THE STRUCTURE IS LOCATED AT: (METE UNIT)

X = 12.5000 Y = 4.9503 Z = 7.0181

TOTAL SELF WEIGHT = 2659.3677 (KN UNIT)

➤ Potongan lantai 3



Gambar 3.4 Potongan Lantai 3

Berat dan Koordinat pusat masa Lantai 3 (Center of Mass) dari Hasil Staad Pro

Tabel 3.4 Berat dan Koordinat Lantai 3

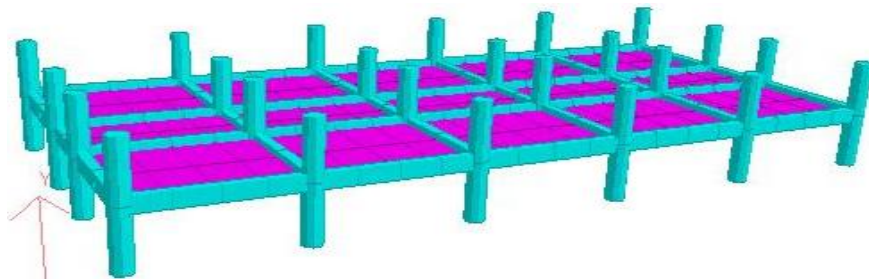
Berat (KN)	Koordinat (m)	
	X	Z
2302,4551	12,5000	6,0000

CENTER OF GRAVITY OF THE STRUCTURE IS LOCATED AT: (METE UNIT)

X = 12.5000 Y = 9.5000 Z = 6.0000

TOTAL SELF WEIGHT = 2302.4551 (KN UNIT)

➤ Potongan lantai 4



Gambar 3.5 Potongan Lantai 4

Berat dan Koordinat pusat masa Lantai 4 (Center of Mass) dari Hasil Staad Pro

Tabel 3.5 Berat dan Koordinat Lantai 4

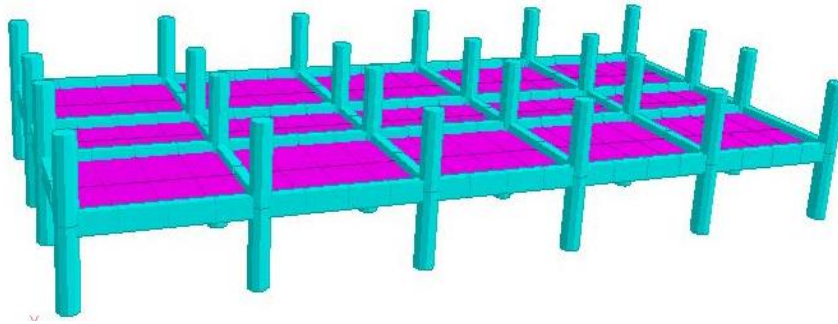
Berat (KN)	Koordinat (m)	
	X	Z
2302,4565	12,5000	6,0000

CENTER OF GRAVITY OF THE STRUCTURE IS LOCATED AT: (METE UNIT)

X = 12.5000 Y = 14.0000 Z = 6.0000

TOTAL SELF WEIGHT = 2302.4565 (KN UNIT)

➤ Potongan lantai 5



Gamabar 3.6 potongan lantai 5

Berat dan Koordinat pusat masa Lantai 5 (Center of Mass) dari Hasil Staad Pro

Tabel 3.6 Berat dan Koordinat Lantai 5

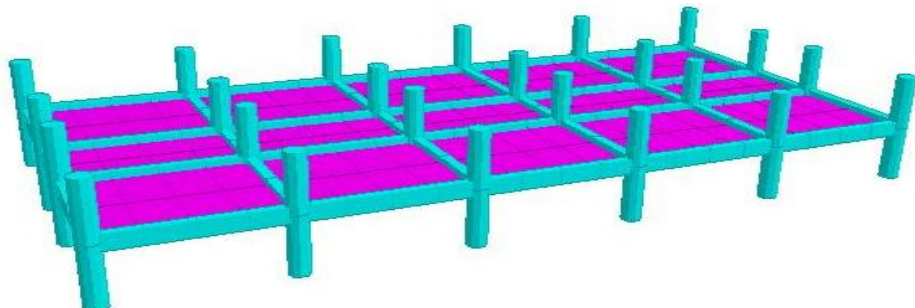
Berat (KN)	Koordinat (m)	
	X	Z
2302,4563	12,5000	6,000

CENTER OF GRAVITY OF THE STRUCTURE IS LOCATED AT: (METE UNIT)

X = 12.5000 Y = 18.5000 Z = 6.0000

TOTAL SELF WEIGHT = 2302.4563 (KN UNIT)

➤ Potongan lantai 6



Gamabr 3.7 potongan lantai 6

Berat dan Koordinat pusat masa Lantai 6 (Center of Mass) dari Hasil Staad Pro

Tabel 3.5 Berat dan Koordinat Lantai 6

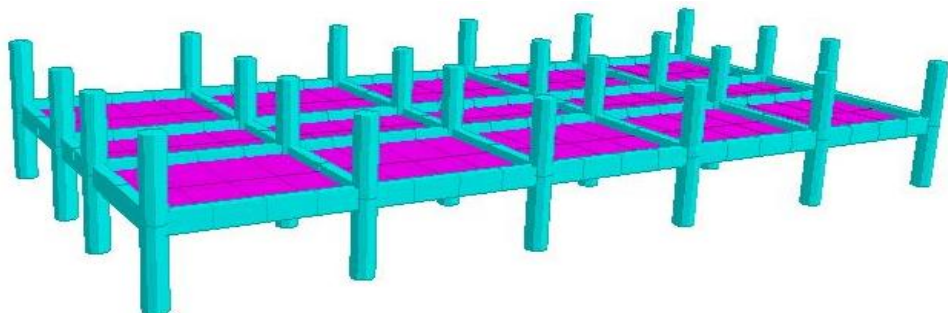
Berat (KN)	Koordinat (m)	
	X	Z
2302,4751	12,5000	6,0000

CENTER OF GRAVITY OF THE STRUCTURE IS LOCATED AT: (METE UNIT)

X = 12.5000 Y = 23.0000 Z = 6.0000

TOTAL SELF WEIGHT = 2302.4731 (KN UNIT)

➤ Potongan lantai 7



Gamabr 3.8 potongan lantai 7

Berat dan Koordinat pusat masa Lantai 6 (Center of Mass) dari Hasil Staad Pro

Tabel 3.6 Berat dan Koordinat Lantai 7

Berat (KN)	Koordinat (m)	
	X	Z
2302,4729	12,5000	6,0000

CENTER OF GRAVITY OF THE STRUCTURE IS LOCATED AT: (METER UNIT)

X = 12.5000 Y = 27.5001 Z = 6.0000

TOTAL SELF WEIGHT = 2302.4729 (KN UNIT)

➤ Potongan lantai Atap



Gambar 3.9 Potongan Lantai Atap

Berat dan Koordinat pusat masa Lantai 6 (Center of Mass) dari Hasil Staad Pro

Tabel 3.7 Berat dan Koordinat Lantai atap

Berat (KN)	Koordinat (m)	
	X	Z
1800,1902	12.5000	6,0000

CENTER OF GRAVITY OF THE STRUCTURE IS LOCATED AT: (METER UNIT)

X = 12.5000 Y = 31.7748 Z = 6.0000

TOTAL SELF WEIGHT = 1800.1902 (KN UNIT)

1. Koordinat pusat masa lantai (Center of Mass) dilihat dari hasil running Program Bantu Teknik Sipil (PBTS)/STAAD PRO, berat bangunan per lantai yang telah dipotong dalam bentuk 3D dengan perintah / Command → Post Analysis Print: CG (Center of Gravity) dan Support Reaction.

Koordinat pusat massa per lantai seperti pada tabel dibawah ini:

Tabel 3.8 koordinat Per Lantai

Koodinat per lantai	X	Z
Lanta 2	7,0181	7,0181
Lanta 3	12.5000	6,0000
Lanta 4	12.5000	6,0000
Lanta 5	12.5000	6,0000
Lanta 6	12.5000	6,0000
Lanta 7	12.5000	6,0000
Lantai Atap	12.5000	6,0000

Keterangan:

Nilai koordinat ini dipakai untuk memberikan beban gempa pada struktur dan Respon Spectrum Gempa pada struktur dapat dilihat pada Input data Staad Pro, dengan mengatur parameter – parameter: $X = 1$, $Y = 1$, $Z = 0$, Dalam menganalisa beban gempa dinamik (SNI – 1726 – 2012).

Proses mensimulasi arah pengaruh gempa yang sembarang terhadap struktur gedung, pengaruh pembeban gempa dalam arah utama yang ditentukan menurut pasal 5.8.1 harus dianggap efektif 100 % dan harus dianggap terjadi bersamaan dengan pengaruh pembebanan gempa dalam arah tegak lurus pada arah utama pembebanan tadi, tetapi dengan efektifitas hanya 30%. Sehingga dalam parameter Specturm Load Direction diisi: $X = 1$, $Y = 1$ dan $Z = 0, 3$

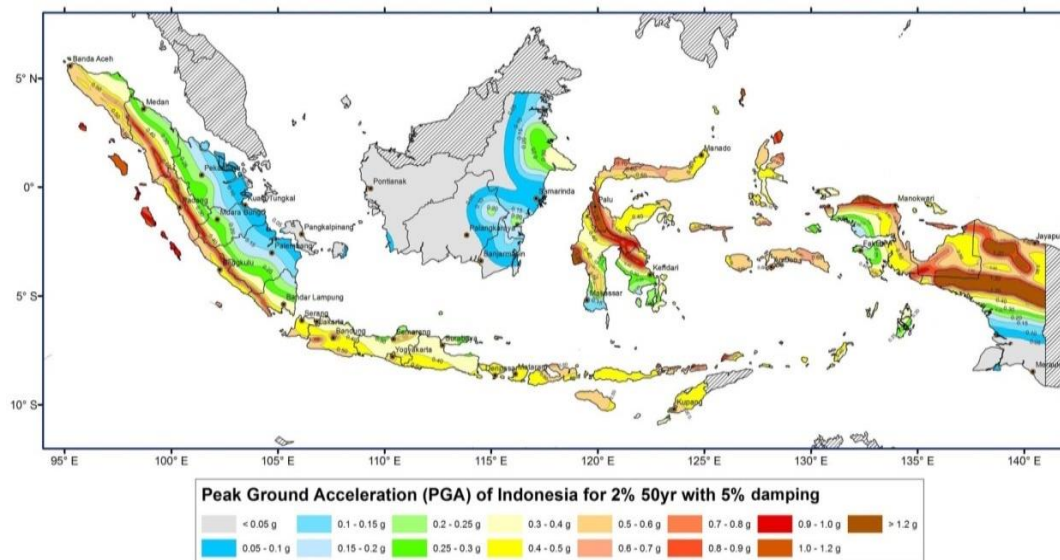
Berat bangunan tiap lantai dari hasil analisa STAAD PRO di tabelkan

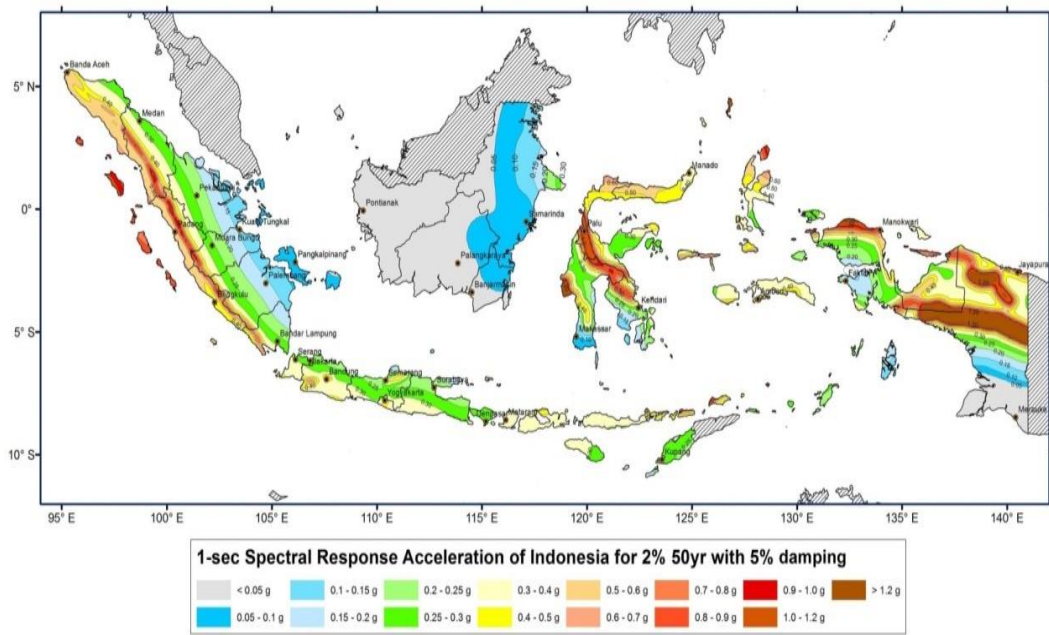
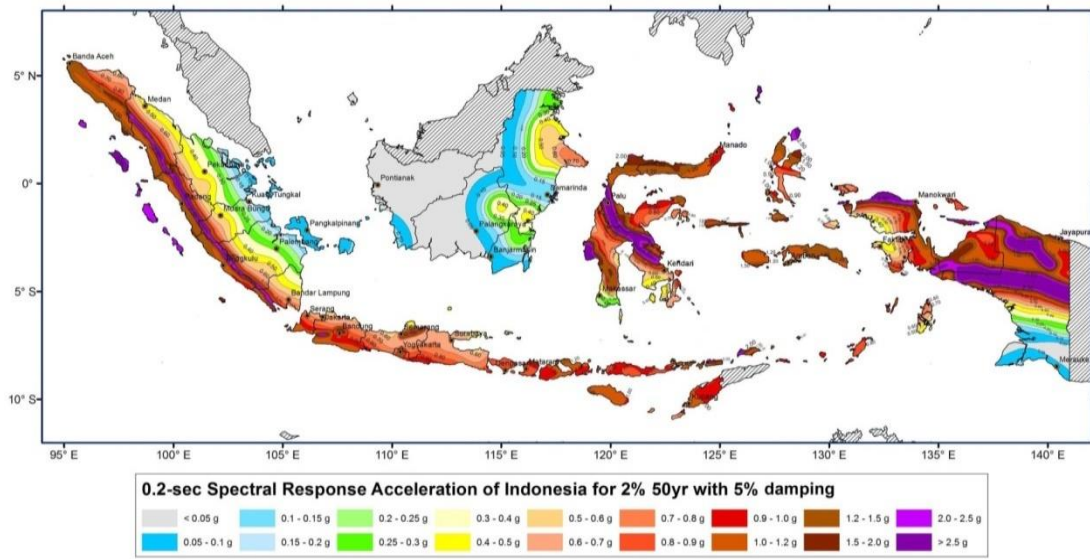
Tabel 3.9 Berat Bangunan Per Lantai

Lantai	Elevasi (m)	Berat total (kn)
2	5	2670,5864
3	9,5	2360,3125
4	14	2359,2520
5	18,5	2359,9158
6	23	2361,3921
7	27,5	2344,8577
ATAP	32	1984,5940
Berat total		16440,9145

3.7 Wilayah Gempa Dan Spekturm Respons

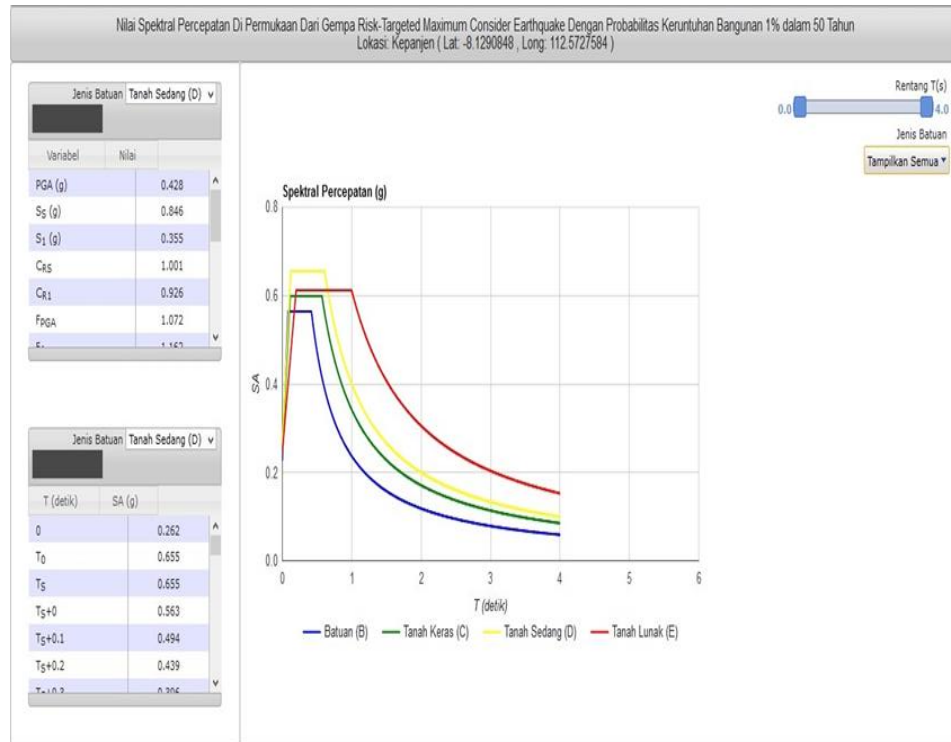
3.7.1 Beban Gempa dan Peta Zonasi Gempa Indonesia





3.7.2 Menentukan Nilai S_s dan S_1

- Lokasi Gedung = Malang
- Data Didapat Dari = Puskim.Pu.Co. Id



Gambar 3.10. Grafik Nilai Spektrum Percepatan Gempa

Maka dapat nilai : $S_s = 0,846$

$S_1 = 0,355$

3.8 Menentukan Kategori Resiko Bangunan Dan Faktor Keutamaan, I_e

Fungsi bangunan: Perkantoran, maka termasuk kategori resiko II, (tabel 2.4)

dan Fakor keutamaan gempa ialah (I_e)

Tabel 3.12 Kategori Resiko Bangunan Gedung dan Non Gedung Untuk Beban Gempa

Jenis pemanfaatan	Kategori risiko
<p>Gedung dan non gedung yang memiliki risiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk, antara lain:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fasilitas pertanian, perkebunan, perternakan, dan perikanan - Fasilitas sementara - Gudang penyimpanan - Rumah jaga dan struktur kecil lainnya 	I
<p>Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I,III,IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Perumahan - Rumah toko dan rumah kantor - Pasar - Gedung perkantoran - Gedung apartemen/ rumah susun - Pusat perbelanjaan/ mall - Bangunan industri - Fasilitas manufaktur - Pabrik 	II
<p>Gedung dan non gedung yang memiliki risiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bioskop - Gedung pertemuan - Stadion - Fasilitas kesehatan yang tidak memiliki unit bedah dan unit gawat darurat - Fasilitas penitipan anak - Penjara - Bangunan untuk orang jompo <p>Gedung dan non gedung, tidak termasuk kedalam kategori risiko IV, yang memiliki potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi yang besar dan/atau gangguan massal terhadap kehidupan masyarakat sehari-hari bila terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pusat pembangkit listrik biasa - Fasilitas penanganan air - Fasilitas penanganan limbah - Pusat telekomunikasi <p>Gedung dan non gedung yang tidak termasuk dalam kategori risiko IV, (termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk fasilitas manufaktur, proses, penanganan, penyimpanan, penggunaan atau tempat pembuangan bahan bakar berbahaya, bahan kimia berbahaya, limbah berbahaya, atau bahan yang mudah meledak) yang mengandung bahan beracun atau peledak di mana jumlah kandungan bahannya melebihi nilai batas yang disyaratkan oleh instansi yang berwenang dan cukup menimbulkan bahaya bagi masyarakat jika terjadi kebocoran.</p>	III
<p>Gedung dan non gedung yang ditunjukkan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bangunan-bangunan monumental - Gedung sekolah dan fasilitas pendidikan - Rumah sakit dan fasilitas kesehatan lainnya yang memiliki fasilitas bedah dan unit gawat darurat - Fasilitas pemadam kebakaran, ambulans, dan kantor polisi, serta garasi kendaraan darurat - Tempat perlindungan terhadap gempa bumi, angin badai, dan tempat perlindungan darurat lainnya - Fasilitas kesiapan darurat, komunikasi, pusat operasi dan fasilitas lainnya untuk tanggap darurat - Pusat pembangkit energi dan fasilitas publik lainnya yang dibutuhkan pada saat keadaan darurat - Struktur tambahan (termasuk menara telekomunikasi, tangki penyimpanan bahan bakar, menara pendingin, struktur stasiun listrik, tangki air pemadam kebakaran atau struktur rumah atau struktur pendukung air atau material atau peralatan pemadam kebakaran) yang disyaratkan untuk beroperasi pada saat keadaan darurat <p>Gedung dan non gedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk ke dalam kategori risiko IV.</p>	IV

Tabel 3.13 faktor keutamaam Gempa

Kategori risiko	Faktor keutamaan gempa, I_e
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,50

Sumber: SNI 03-1726-2012 (Hal: 15 dari 138)

3.9 Menentukan Kategori Design Seismik (KDS)

- Menentukan Koefisien Situs F_a dan F_v

Perhitungan (KDS)

Perhitungan KDS BH - 1				
Keterangan	Kedalaman	Tebal (m)	Ni	Ti / Ni
Lapisan 1	3	3	25	0,12
Lapisan 2	9	6	23	0,26
Lapisan 3	12	3	50	0,06
Total		12		0,44

$$N = 12 / 0,44 = 27,22$$

Perhitungan KDS BH - 2				
Keterangan	Kedalaman	Tebal (m)	Ni	Ti / Ni
Lapisan 1	9	9	33	0,12
Lapisan 2	12	3	16	0,26
Total		12		0,46

$$N = 12 / 0,46 = 26,07$$

Perhitungan KDS BH - 1				
Keterangan	Kedalaman	Tebal (m)	Ni	Ti / Ni
Lapisan 1	3	3	25	0,12
Lapisan 2	9	6	23	0,26
Lapisan 3	12	3	50	0,06
Lapisan 4		12		0,44

$$N = 12 / 0,44 = 27,22$$

Berdasarkan perhitungan KDS BH – 1, BH – 2 dan BH – 3, maka dapat tanah sedang .

Tabel 3.14 Klasifikasi Situs

Kelas Situs	\bar{V}_z (m/detik)	\bar{N} atau \bar{N}_{sk}	\bar{S}_u (kPa)
SA (batuan keras)	> 1500	N/A	N/A
SB (batuan)	750 sampai 1500	N/A	N/A
SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 sampai 750	>50	≥ 100
SD (tanah sedang)	175 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai 100
SE (tanah lunak)	< 175	<15	< 50
Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karakteristik sebagai berikut : 1. Indeks plastisitas, $PI > 20$, 2. Kadar air, $w \geq 40\%$, dan 3. Kuat geser niralir $\bar{S}_u < 25 kPa$			

Sumber : SNI 03-1726-2012 (Hal : 16 dari 138)

Tabel 3.15 Klasifikasi Situs Fa

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa (MCE_R) terpetakan pada periode pendek, $T=0,2$ detik, S_s				
	S_s 0,25	S_s 0,5	S_s 0,75	S_s 1,0	S_s 1,25
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
SE	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
SF	SS ^b				

CATATAN:

- (a) Untuk nilai-nilai antara S_s dapat dilakukan interpolasi linier
(b) SS= Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik, lihat 6.10.1

Tabel 3.16 Klasifikasi Situs Fv

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa MCE_R terpetakan pada periode 1 detik, S_1				
	S_1 0,1	S_1 0,2	S_1 0,3	S_1 0,4	S_1 0,5
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
SD	2,4	2	1,8	1,6	1,5
SE	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4
SF	SS ^b				

CATATAN :

- (a) Untuk nilai-nilai antara S_1 dapat dilakukan interpolasi linier
(b) SS= Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik, lihat 6.10.1

Maka dari Hasil Interpolasi diatas didapat:

$$\text{Untuk } S_s = 0,846 \text{ g}$$

$$\text{Untuk } S_1 = 0,355 \text{ g}$$

$$S_s = 1,000 \sim Fa = 1,100$$

$$S_s = 0,750 \sim Fa = 1,200$$

$$S_s = 0,846 \sim Fa = \dots\dots\dots?$$

$$Fa = 1,2 + \frac{1,1-1,2}{1,1-0,75} \times (0,846-0,75) = 1,173$$

$$Fa = 1,173$$

$$S_s = 0,300 \sim Fa = 1,800$$

$$S_1 = 0,400 \sim Fa = 1,600$$

$$S_1 = 0,355 \sim Fa = \dots\dots\dots?$$

$$F_v = 1,8 + \frac{1,8-1,6}{0,4-0,3} \times (0,355 - 0,3) = 1,91$$

$$Fa = 1,91$$

3.10 Menentukan Nilai SDS dan SDI

$$\begin{aligned} S_{DS} &= \frac{2}{3} \times Fa \times S_s \\ &= 0,667 \times 1,173 \times 0,846 \\ &= 0,662 \text{ g} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{D1} &= \frac{2}{3} \times F_v \times S_1 \\ &= 0,667 \times 1,91 \times 0,355 \\ &= 0,452 \text{ g} \end{aligned}$$

Tabel 3.17 Kategori Design Seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode pendek

Nilai S_{DS}	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{DS} < 0,167$	A	A
$0,167 \leq S_{DS} < 0,33$	B	C
$0,33 \leq S_{DS} < 0,50$	C	D
$0,50 \leq S_{DS}$	D	D

0,662

Sumber : Pasal 6.5 SNI 1726 :2012

Tabel 3.18 Kategori Design Seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode 1 detik

Nilai S_{D1}	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{D1} < 0,167$	A	A
$0,067 \leq S_{D1} < 0,133$	B	C
$0,133 \leq S_{D1} < 0,20$	C	D
$0,20 \leq S_{D1}$	D	D

0,452

sumber Pasal 6.5 SNI 1726 :2012

3.11 Membuat Spectrum Respons Design

$$\begin{aligned}
 T_o &= 0,2 \times (S_{D1}/S_{DS}) & T_s &= 0,2 \times (S_{D1}/S_{DS}) \\
 &= 0,2 \times (0,452 / 0,662) & &= 0,452 / 0,662 \\
 &= 0,137 \text{ detik} & &= 0,683 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

3.3.6.7 Menentukan Perkiraan Perioda Fundamental Alami

Nilai S_{DS}	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{DS} < 0,167$	A	A
$0,167 \leq S_{DS} < 0,33$	B	C
$0,33 \leq S_{DS} < 0,50$	C	D
$0,50 \leq S_{DS}$	D	D

Berdasarkan struktur dengan ketinggian < 12 tingkat dimana sistem penahan gaya seismik terdiri dari rangka penahan momen beton atau baja secara keseluruhan dan tinggi tingkat paling sedikit 3 m.

$$T_a = 0.1 N \longrightarrow N = \text{Jumlah tingkat}$$

Berdasarkan Struktur dengan Ketinggian > 12 Tingkat:

$$T_a = C_u(t)$$

Dimana :

hn = Ketinggian struktur dalam (m), diatas dasar sampai tingkat tertinggi struktur dan Koefisien C_t dan x ditentukan dari tabel

Batas periode maksimum.

$$T_{max} = C_u \cdot T_a$$

$$T_{max} = C_u \cdot T_a$$

Tabel 3.19 Koefisien Untuk Batas Atas pada Periode yang dihitung

Parameter percepatan respons spektral desain pada 1 detik, S_{D1}	Koefisien C_u
$\geq 0,4$	1,4
0,3	1,4
0,2	1,5
0,15	1,6
$\leq 0,1$	1,7

Sumber : SNI 03-1726-2012 (Hal : 56 dari 138)

$$S_{DS} = 0,662$$

$$\text{maka } C_u = 1,4$$

Tabel 3.20: Koefisien Untuk Batas Atas pada Periode yang dihitung

Tipe struktur	C_t	x
Sistem rangka pemikul momen di mana rangka memikul 100 persen gaya gempa yang disyaratkan dan tidak dilingkupi atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku dan akan mencegah rangka dari defleksi jika dikenai gaya gempa:		
Rangka baja pemikul momen	0,0724 ^a	0,8
Rangka beton pemikul momen	0,0466 ^a	0,9
Rangka baja dengan bresing eksentris	0,0731 ^a	0,75
Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	0,0731 ^a	0,75
Semua sistem struktur lainnya	0,0488 ^a	0,75

Sumber : SNI 03-1726-2012 (Hal : 56 dari 138)

Tipe Struktur penahan gaya lateral arah X dan arah Y adalah dinding geser sehingga termasuk tipe *semua sistem struktur lainnya*.

$$T_a = 0.1 N$$

Arah X - (sistem Struktur lainnya)

$$N = 8$$

Maka:

$$T_a = 0,1 \times 7$$

$$= 0,700 \text{ detik}$$

$$T_{\max} = C_u \cdot T_a$$

$$T_{\max 1} = 1,4 \times 0,700$$

$$= 0,98$$

Arah Y - (sistem Struktur lainnya)

$$N = 8$$

Maka :

$$T_a = 0,1 \times 7$$

$$= 0,700 \text{ detik}$$

$$T_{\max 1} = 1,4 \times 0,700$$

$$= 0,98$$

3.12 Batasan Penggunaan Prosedur Analisis Gaya Lateral Ekvivalen (ELF)

Kontrol :

$$\begin{aligned} T_s &= (S_{DI}/S_{DS}) \\ &= 0,662 \text{ g} / 0,452 \text{ g} \\ &= 1,465 \end{aligned}$$

3.13 Menentukan faktor R , C_d dan Ω_0

Tabel 3.21 : Faktor R , C_d dan Ω_0 untuk sistem penahan gaya gempa

24.Dinding rangka ringan dengan panel geser dari semua material lainnya	2½	2½	2½	TB	TB	10	TB	TB
25.Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	8	2½	5	TB	TB	48	48	30
26.Dinding geser pelat baja khusus	7	2	6	TB	TB	48	48	30
C.Sistem rangka pemikul momen								
1. Rangka baja pemikul momen khusus	8	3	5½	TB	TB	TB	TB	TB
2. Rangka batang baja pemikul momen khusus	7	3	5½	TB	TB	48	30	TI
3. Rangka baja pemikul momen menengah	4½	3	4	TB	TB	10 ^{h,i}	TI ^h	TI ⁱ
4. Rangka baja pemikul momen biasa	3½	3	3	TB	TB	TI ^h	TI ^h	TI ⁱ
5. Rangka beton bertulang pemikul momen khusus	8	3	5½	TB	TB	TB	TB	TB
6. Rangka beton bertulang pemikul momen menengah	5	3	4½	TB	TB	TI	TI	TI
7. Rangka beton bertulang pemikul momen biasa	3	3	2½	TB	TI	TI	TI	TI
8. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen khusus	8	3	5½	TB	TB	TB	TB	TB
9. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen menengah	5	3	4½	TB	TB	TI	TI	TI
10.Rangka baja dan beton komposit terkekang parsial pemikul momen	6	3	5½	48	48	30	TI	TI
11.Rangka baja dan beton komposit pemikul momen biasa	3	3	2½	TB	TI	TI	TI	TI

Dari Tabel diatas maka di dapat nilai Faktor R, Cd dan Ω_0

Berdasarkan sistem penahan gaya dengan menggunakan beton bertulang

Khusus Sebagai Berikut:

- R (Koefisien modifikasi Respons) = 8
- Ω_0 (Faktor Kuat lebih sistem) = 3
- C_d (Faktor kuat lebih sistem) = 5,5

3.14 Menghitung Nilai Base Shear

$$V = C_s \times W \quad \longrightarrow \quad \text{Pasal 7.8.1 SNI 1726-2012}$$

Keterangan:

C_s = Koefisien Respon Seismeik

W = Berat Seismeik Efektif

Koefisien respons seismik C_s \longrightarrow Pasal 7.8.1 SNI 1726-2012

$$C_s = \frac{SDS}{(R/I_e)}$$

Nilai C_s yang dihitung tidak perlu melebihi berikut ini:

$$C_s = \frac{SDS}{T \times (R/I_e)}$$

$$S_1 = 0.355 \text{ g}$$

$$V = C_s \times W$$

$$C_s = \frac{SDS}{(R/I_e)} = \frac{0.662}{8/1.5} = 0,12413$$

$$C_s \text{ Maks} = \frac{SD_1}{T \times (R/I_e)} = \frac{0.452}{0,98 \times 5.33} = 0,08653$$

$$CS_{Min} = \frac{0.5 \times S1}{(R/Ie)} = \frac{0.5 \times 0.355}{5.33} = 0,03330$$

$$C_{SX} = \frac{SD1}{T \times (R/Ie)} = \frac{0.452}{0,98 \times 5.33} = 0,08653$$

$$C_{SX} = \frac{SD1}{T \times (R/Ie)} = \frac{0.452}{0,98 \times 5.33} = 0,08653$$

Kontrol:

$$CS_{min} = 0,044 \times S_{DS} \times 1,5$$

$$= 0,044 \times 0,662 \times 1,5$$

$$= 0,043692 \quad 0,01 \longrightarrow \text{OK}$$

Nilai CS yang dipakai adalah = 0,08653

Maka Nilai Vx dan Vy adalah sebagai berikut:

$$V_x = CS \times W$$

$$= 0,08653 \times 16441,2881$$

$$= 1422,6647 \text{ KN}$$

$$V_y = CS \times W$$

$$= 0,08653 \times 16441,2881$$

$$= 1422,6647 \text{ KN}$$

Menghitung Gaya Gempa lateral FX

$$F_x = C_{vx} \times V \longrightarrow \text{Pasal 7.8.3 SNI 1726-2012}$$

$$C_{vx} = \frac{W_x h_x^k}{\sum_{i=1}^n W_i h_i^k}$$

Dimana:

C_{vx} = Faktor distribusi vertical

V = Gaya lateral design total atau geser di dasar struktur

W_i & W_x = Bagian berat seismik sfektif total struktur (W) yang ditempatkan atau dikena pada tingkat i atau x

h_i & h_x = Tinggi (m) dari dasar sampai tingkat i atau x

K = Eksponen yang terkait dengan perioda struktur sebagai berikut:

- Untuk struktur yang mempunyai dengan perioda sebesar 0,5 detik atau kurang , $K = 1$
- Untuk struktur yang mempunyai dengan perioda sebesar 2,5 detik atau lebih , $K = 2$
- Untuk struktur yang mempunyai dengan perioda sebesar 0,5 dan 2,5 detik k harus sebesar 2 atau harus ditentukan dengan interpolasi linier antara 1 dan 2

$T_x = 0,98$ detik

Melalui Interpolasi Didapat:

Untuk nilai $S_s = 0,98$ g berada diantara nilai

$T_x = 0,500$ $K_x = 1,00$

$T_x = 2,500$ $K_x = 2,00$

$T_x = 0,98$ $K_x = \dots?$

$$K_x = 1,000 + \frac{0,98-0,500}{2,500-0,500} \times 2,000 - 1,000$$

= 1,24 detik

$T_y = 0,98$ detik

Melalui Interpolasi Didapat:

Untuk nilai $S_s = 0,98$ g berada diantara nilai:

$$T_y = 0,500 \quad K_x = 1,00$$

$$T_y = 2,500 \quad K_x = 2,00$$

$$T_y = 0,98 \quad K_x = \dots?$$

$$K_y = 1,000 + \frac{0,98-0,500}{2,500-0,500} \times 2,000 - 1,000$$

$$= 1,24 \text{ detik}$$

Perhitungan Gaya Lateral Fx

Lantai	Weight Wi kn	Tinggi (Hi) m	Wi x hi ^{kx}	Wi x hi ^{ky}	Fx (kn)	Fy (kn)
Atap	1800,190	32	132344,033	132344,033	119,510	119,510
Lantai 7	2302,473	27,5	140270,733	140270,733	126,668	126,668
Lantai 6	2302,473	23	112392,435	112392,435	101,493	101,493
Lantai 5	2302,456	18,5	85799,417	85799,417	77,479	77,479
Lantai 4	2302,457	14	60728,171	60728,171	54,839	54,839
Lantai 3	2302,455	9,5	37546,412	37546,412	33,905	33,905
Lantai 2	2659,368	5	19565,962	19565,962	17,669	17,669
Total	15971,872		588647,164	588647,164	531,564	531,564

Lantai	Perhitungan Beban Gempa 100 % yang ditinjau dan 30 % arah tegak lurus			
	Fx (Kn)	30 % Fx (Kn)	Fy	30 % Fy (Kn)
Lantai Atap	119,510	35,853	119,510	35,853
Lantai 7	126,668	38,000	126,668	38,000
Lantai 6	101,493	30,448	101,493	30,448
Lantai 5	77,479	23,244	77,479	23,244
Lantai 4	54,839	16,452	54,839	16,452
Lantai 3	33,905	10,172	33,905	10,172
Lantai 2	17,669	5,301	17,669	5,301
Total	531,564	159,469	531,564	159,469

3.15 Perhitungan Eksentrisitas Rencana e_d

1. Mencari pusat masa pada setiap masing- masing lantai deng. Berikut tabel titik kekauan setiap menggunakan program bantu Staad pro lantai.

LANTAI	PUSAT MASSA	
	X	Z
ATAP/8	12,00	6,00
LANTAI 7	12,00	6,00
LANTAI 6	12,00	6,00
LANTAI 5	12,00	6,00
LANTAI 4	12,00	6,00
LANTAI 3	12,00	6,00
LANTAI 2	12,00	6,00

2. Mencari pusat kekakuan pada setiap masing- masing lantai dengan menggunakan program bantu Staad pro. Maka didapat koordinat titik kekakuan didapat sebagai.

LANTAI	PUSAT KEKAKUAN	
	X	Z
ATAP/8	12,50	6,00
LANTAI 7	12,50	6,00
LANTAI 6	12,50	6,00
LANTAI 5	12,50	6,00
LANTAI 4	12,50	6,00
LANTAI 3	12,50	6,00
LANTAI 2	12,50	6,69

Untuk menghitung nilai e (eksentrisitas) pada perhitungan e_d (eksentisitas tambahan) dihitung sebagai berikut:

e =Nilai koordinat X pada pusat massa – koordinat x pada pusat kekakuan

Hasil e ini hanya berlaku untuk perhitungan pada koordinat e_x . Untuk menilai eksentrisitas arah z menggunakan cara yang sama seperti e_x perbedaannya hanya koordinat yang ditinjau ialah koordinat Z juga sama hasil.

- Untuk $0 < e \leq 0,3 b$:

$$e_d = 1,5 e + 0,05 b \text{ atau } e_d = e - 0,05 b \quad \text{persamaan..... (1)}$$

- Untuk $e \geq 0,3 b$: $e_d = 1,33 e + 0,1 b$ atau $e_d = 1,17e - 0,1 b$

persamaan..... (2)

Dari setiap persamaan, di pilih di antara ke dua rumus itu yang pengaruhnya paling menentukan untuk unsur subsistem struktur gedung yang di tinjau.

➤ **Lantai 2**

$$\text{Dimana: } b_x = 25$$

$$b_z = 16$$

Untuk eksentrisitas arah x

$$\text{Eksentritas} = 12,50 - 12,50$$

$$= 0$$

$$\text{a). } e_z = e \leq 0,3 b$$

$$= 0 \leq 0,3 \times 25$$

$$= 0 \leq 7,5$$

$$\text{Maka } e_d = 1,5 e + 0,05 b$$

$$= (1,5) \times (0) + (0,05 \times 25)$$

$$= 1,25$$

$$\begin{aligned}
 e_d &= e - 0,05b \\
 &= 0 - (0,05 \times 25) \\
 &= -1,25
 \end{aligned}$$

Dipakai yang terbesar untuk e_{dx} yaitu: 1,25 m

Untuk eksentrisitas arah z

$$\begin{aligned}
 \text{Eksentritas} &= 6,00 - 6,69 \\
 &= -0,69
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{b). } e_x &= e \leq 0,3 b \\
 &= -0,69 \leq 0,3 \times 16 \\
 &= -0,69 \leq 4,8
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Maka } e_d &= 1,5 e + 0,05 b \\
 &= (1,5 \times -0,69) + (0,05 \times 16) \\
 &= -1,04 \\
 e_d &= e - 0,05b \\
 &= -0,69 - (0,05 \times 16) \\
 &= -0,63
 \end{aligned}$$

Dipakai yang terbesar untuk e_{dz} yaitu: 1,15 m.

➤ **Lantai 3**

$$\text{Dimana: } b_x = 25$$

$$b_z = 12$$

Untuk eksentrisitas arah x

$$\text{Eksentritas} = 12,38 - 12,50$$

$$= -0,01$$

$$\text{a). } e_z = e \leq 0,3 b$$

$$= -0,01 \leq 0,3 \times 25$$

$$= -0,01 \leq 7,5$$

$$\text{Maka } ed = 1,5 e + 0,05 b$$

$$= (1,5) \times (-0,01) + (0,05 \times 25)$$

$$= 1,24$$

$$ed = e - 0,05b$$

$$= -0,01 - (0,05 \times 25)$$

$$= -1,26$$

Dipakai yang terbesar untuk e_{dx} yaitu: 1,24 m

Untuk eksentrisitas arah z

$$\text{Eksentritas} = 6,01 - 6,00$$

$$= 0,01$$

$$\text{b). } e_x = e \leq 0,3 b$$

$$= 0,01 \leq 0,3 \times 12$$

$$= 0,01 \leq 3,6$$

$$\text{Maka } ed = 1,5 e + 0,05 b$$

$$= (1,5) \times (0,01) + (0,05 \times 12)$$

$$= 0,62$$

$$\begin{aligned}
 e_d &= e - 0,05b \\
 &= 0,01 - (0,05 \times 12) \\
 &= - 0,59
 \end{aligned}$$

Dipakai yang terbesar untuk e_{dz} yaitu: 0,62 m.

➤ **Lantai 4**

$$\begin{aligned}
 \text{Dimana: } b_x &= 25 \\
 b_z &= 12
 \end{aligned}$$

Untuk eksentrisitas arah x

$$\begin{aligned}
 \text{Eksentritas} &= 12,50 - 12,50 \\
 &= 0
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{a). } e_z &= e \leq 0,3 b \\
 &= 0 \leq 0,3 \times 25 \\
 &= 0 \leq 7,5
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Maka } e_d &= 1,5 e + 0,05 b \\
 &= (1,5) \times (0) + (0,05 \times 25) \\
 &= 1,25
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 e_d &= e - 0,05b \\
 &= 0 - (0,05 \times 25) \\
 &= - 1,25
 \end{aligned}$$

Dipakai yang terbesar untuk e_{dx} yaitu: 1,25 m

Untuk eksentrisitas arah z

$$\begin{aligned}\text{Eksentritas} &= 6,01 - 6,00 \\ &= 0,01\end{aligned}$$

$$\text{b). } e_x = e \leq 0,3 b$$

$$= 0,01 \leq 0,3 \times 12$$

$$= 0,01 \leq 3,6$$

$$\text{Maka } e_d = 1,5 e + 0,05 b$$

$$= (1,5) \times (0,01) + (0,05 \times 12)$$

$$= 0,62$$

$$e_d = e - 0,05b$$

$$= 0,01 - (0,05 \times 12)$$

$$= - 0,59$$

Dipakai yang terbesar untuk e_{dz} yaitu: 0,62 m.

➤ **Lantai 5**

$$\text{Dimana: } b_x = 25$$

$$b_z = 12$$

Untuk eksentrisitas arah x

$$\text{Eksentritas} = 12,50 - 12,50$$

$$= 0$$

$$\text{a). } e_z = e \leq 0,3 b$$

$$= 0 \leq 0,3 \times 25$$

$$= 0 \leq 7,5$$

$$\text{Maka } e_d = 1,5 e + 0,05 b$$

$$= (1,5) \times (0) + (0,05 \times 25)$$

$$= 1,24$$

$$e_d = e - 0,05b$$

$$= 0 - (0,05 \times 25)$$

$$= - 1,25$$

Dipakai yang terbesar untuk e_{dx} yaitu: 1,24 m

Untuk eksentrisitas arah z

$$\text{Eksentritas} = 6,01 - 6,00$$

$$= 0,01$$

$$\text{b). } e_x = e \leq 0,3 b$$

$$= 0,01 \leq 0,3 \times 12$$

$$= 0,01 \leq 3,6$$

$$\text{Maka } e_d = 1,5 e + 0,05 b$$

$$= (1,5) \times (0,01) + (0,05 \times 12)$$

$$= 0,62$$

$$e_d = e - 0,05b$$

$$= 0,01 - (0,05 \times 12)$$

$$= - 0,59$$

Dipakai yang terbesar untuk e_{dz} yaitu: 0,62 m.

➤ **Lantai 6**

Dimana: $b_x = 25$

$$b_z = 12$$

Untuk eksentrisitas arah x

$$\text{Eksentritas} = 12,49 - 12,50$$

$$= -0,01$$

a). $e_z = e \leq 0,3 b$

$$= -0,01 \leq 0,3 \times 25$$

$$= -0,01 \leq 7,5$$

Maka $e_d = 1,5 e + 0,05 b$

$$= (1,5) \times (-0,01) + (0,05 \times 25)$$

$$= 1,24$$

$e_d = e - 0,05b$

$$= -0,01 - (0,05 \times 25)$$

$$= -1,26$$

Dipakai yang terbesar untuk e_{dx} yaitu: 1,24 m

Untuk eksentrisitas arah z

$$\text{Eksentritas} = 6,02 - 6,00$$

$$= 0,02$$

b). $e_x = e \leq 0,3 b$

$$= 0,02 \leq 0,3 \times 12$$

$$= 0,02 \leq 3,6$$

$$\text{Maka } e_d = 1,5 e + 0,05 b$$

$$= (1,5) \times (0,02) + (0,05 \times 12)$$

$$= 0,63$$

$$e_d = e - 0,05b$$

$$= 0,02 - (0,05 \times 12)$$

$$= - 0,58$$

Dipakai yang terbesar untuk e_{dz} yaitu: 0,63 m.

➤ **Lantai 7**

$$\text{Dimana: } b_x = 25$$

$$b_z = 12$$

Untuk eksentrisitas arah x

$$\text{Eksentritas} = 12,57 - 12,50$$

$$= 0,07$$

$$\text{a). } e_z = e \leq 0,3 b$$

$$= 0,07 \leq 0,3 \times 25$$

$$= 0,07 \leq 7,5$$

$$\text{Maka } e_d = 1,5 e + 0,05 b$$

$$= (1,5) \times (0,07) + (0,05 \times 25)$$

$$= 1,36$$

$$\begin{aligned}
 e_d &= e - 0,05b \\
 &= 0,07 - (0,05 \times 25) \\
 &= -1,18
 \end{aligned}$$

Dipakai yang terbesar untuk e_{dx} yaitu: 1,36 m

Untuk eksentrisitas arah z

$$\begin{aligned}
 \text{Eksentritas} &= 5,98 - 6,00 \\
 &= -0,02
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{b). } e_x &= e \leq 0,3 b \\
 &= -0,02 \leq 0,3 \times 12 \\
 &= -0,02 \leq 3,6
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Maka } e_d &= 1,5 e + 0,05 b \\
 &= (1,5) \times (-0,02) + (0,05 \times 12) \\
 &= 0,57 \\
 e_d &= e - 0,05b \\
 &= -0,02 - (0,05 \times 12) \\
 &= -0,62
 \end{aligned}$$

Dipakai yang terbesar untuk e_{dz} yaitu: 0,57 m.

➤ **Lantai Atap**

$$\text{Dimana : } bx = 25$$

$$bz = 12$$

Untuk eksentrisitas arah x

$$\text{Eksentritas} = 12,59 - 12,50$$

$$= 0,09$$

$$\text{a). } e_z = e \leq 0,3 b$$

$$= 0,09 \leq 0,3 \times 25$$

$$= 0,09 \leq 7,5$$

$$\text{Maka } ed = 1,5 e + 0,05 b$$

$$= (1,5) \times 0,09 + (0,05 \times 25)$$

$$= 1,39$$

$$ed = e - 0,05b$$

$$= 0,09 - (0,05 \times 25)$$

$$= - 1,16$$

Dipakai yang terbesar untuk e_{dx} yaitu: 1,39 m

Untuk eksentrisitas arah z

$$\text{Eksentritas} = 5,99 - 6,00$$

$$= - 0,01$$

$$\text{b). } e_x = e \leq 0,3 b$$

$$= - 0,01 \leq 0,3 \times 12$$

$$= - 0,01 \leq 3,6$$

$$\text{Maka } ed = 1,5 e + 0,05 b$$

$$= 1,5 \times (- 0,01) + 0,05 \times 12$$

$$= 0,59$$

$$ed = e - 0,05b$$

$$= -0,01 - (0,05 \times 12)$$

$$= -0,61$$

Dipakai yang terbesar untuk e_{dz} yaitu: 0,59 m.

3.16 Kinerja batas layan dan ultimate

➤ Kinerja batas layan arah x

Faktor reduksi 8,5

No	Lantai	Tinggi tingkat (mm)	Simpangan (mm)	ΔS (mm)	Diizinkan (mm)	Ket.
1	Lantai 2	5000	0,1390	0,139	17,65	OK
2	Lantai 3	4500	0,3160	0,18	15,88	OK
3	Lantai 4	4500	0,4890	0,17	15,88	OK
4	Lantai 5	4500	0,6550	0,17	15,88	OK
5	Lantai 6	4500	0,8050	0,15	15,88	OK
6	Lantai 7	4500	0,9860	0,18	15,88	OK
7	Atap	4500	0,9830	0,00	15,88	OK

➤ Kinerja batas layan arah z

No	Lantai	Tinggi tingkat (mm)	Simpangan (mm)	ΔS (mm)	Diizinkan (mm)	Ket.
1	Lantai 2	5000	0,0110	0,01	17,65	OK
2	Lantai 3	4500	0,1010	0,09	15,88	OK
3	Lantai 4	4500	0,1240	0,02	15,88	OK
4	Lantai 5	4500	0,1450	0,02	15,88	OK
5	Lantai 6	4500	0,1650	0,02	15,88	OK
6	Lantai 7	4500	0,1850	0,02	15,88	OK
7	Atap	4500	0,2050	0,02	15,88	OK

BAB IV

PERHITUNGAN PENULANGAN STRUKTUR

4.1 Perhitungan Penulangan Balok

4.1.1 Perhitungan Penulangan Lentur Balok

Penulangan yang direncanakan adalah pada balok induk melintang line tengah dengan balok

➤ Data Perencanaan

$$b = 400 \text{ mm}$$

$$h = 600 \text{ mm}$$

$$f'_c = 30 \text{ Mpa}$$

$$f_{yulir} = 390 \text{ Mpa}$$

$$f_{ybolos} = 240 \text{ Mpa}$$

$$\text{Selimut beton} = 40 \text{ mm}$$

$$\text{Dipakai tulangan pokok } D = 19 \text{ mm}$$

$$\text{Dipakai tulangan sengkang} = \varnothing 10 \text{ mm}$$

$$\text{Bentang balok 401, 3920, 3922 (L)} = 5000 \text{ mm}$$

$$\text{Bentang bersih balok (Ln)} = 5600 \text{ mm}$$

$$d = h - \text{selimut beton} - \text{diameter sengkang} - 1/2 \text{ diameter tulangan rencana}$$

$$= 600 - 40 - 10 - (1/2 \times 19)$$

$$= 540,5 \text{ mm}$$

- $\text{Beban aksial tekan} \leq A_g \cdot f'_c / 10$

$$11,300 \text{ KN} \leq \{ (350 \times 500) \times 30 / 10 \cdot 10^{-3} \}$$

$$11,300 \text{ KN} \leq 525 \text{ KN} \dots\dots\dots \text{OK}$$

- Bentang bersih $\geq 4d$

$$5600 \geq 4 \times 440,5$$

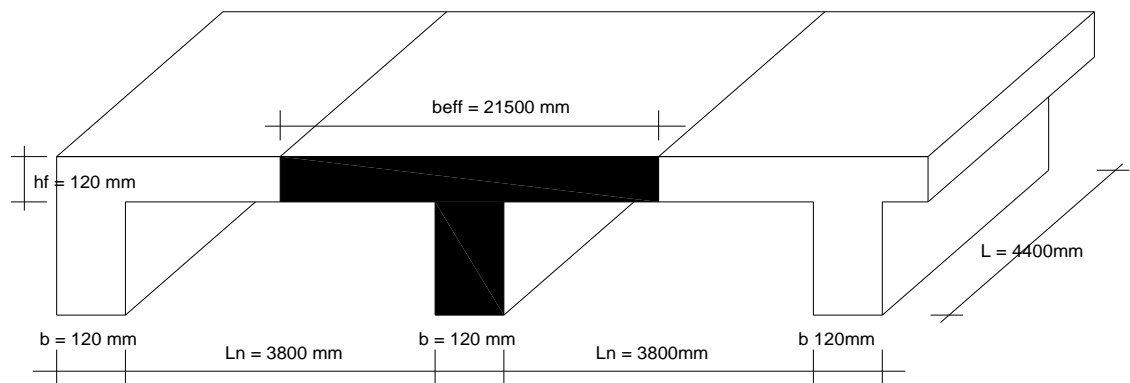
$$5600 \geq 1726 \text{ mm} \dots\dots\dots \text{OK}$$

- $B_w / h \geq 0,3$

$$350 / 0 \geq 0,3$$

$$350 \geq 0,3 \dots\dots\dots \text{OK}$$

➤ Perencanaan Penulangan



Lebar flens efektif (b_{eff})

- $b_{eff} = 1/4 L$

$$= 1/4 \times 6000$$

$$= 1500 \text{ mm}$$

- $b_{eff} = b_w + 8h_{fkr} + 8h_{fkn}$

$$= 400 + (8 \times 120) + (8 \times 120)$$

$$= 2270 \text{ mm}$$

- $b_{eff} = b_w + 1/2 L_{nkr} + 1/2 L_{nkn}$

$$= 350 + (1/2 \times 5600) + (1/2 \times 5600)$$

$$= 5950 \text{ mm}$$

Dipakai nilai b_{eff} terkecil yaitu = 1500 mm, untuk mengetahui luas tulangan tarik yang diizinkan (A_{sMaks}) maka dihitung:

$$A_{sMaks} = \frac{0,75 \cdot (0,85 \cdot f_c')}{f_y} \cdot [b_{eff} + h_f + b_w \left(\frac{600 \cdot d}{f_y + 600} - h_f \right)], \text{ dimana}$$

$$F_c = 30 \text{ Mpa dan } f_y = 390 \text{ Mpa}$$

$$A_{sMaks} = \frac{0,8 \times (0,85 \times 30)}{390} \times [150 \times 120 + 40 \times \left(\frac{600 \times 441}{390 + 600} - 120 \right)]$$

$$A_{sMaks} = 0,049 \times 40683,6 = 1995,0629 \text{ mm}^2$$

Tulangan minimal sedikitnya harus dihitung menurut SNI 2847 – 2013 pasal 10.5.1 dan tidak boleh lebih kecil dari:

$$A_s \text{ min} = \frac{b_w \cdot d}{f_y} = \frac{1,4 \times 350 \times 440,5}{390}$$

$$= 553,449 \text{ mm}^2$$

Dengan mengetahui batasan jumlah dari tulangan yang harus terpasang maka dapat direncanakan AS ada yang dibutuhkan oleh penampang untuk menahan meoemen yang terjadi pada struktur portal tahan gempa.

Maka dipakai tulangan minimum 3D 19

$$AS = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2$$

$$= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 19^2$$

$$= 850,2 \text{ mm}^2$$

Maka dipakai tulangan minimal 3D 19 ($AS = 850,2 \text{ mm}^2 > 553,449 \text{ mm}^2$)

A. perhitungan penulangan tumpuan kiri join 3804

$$Mu^- = 73,156 \text{ KNm} \quad (\text{lantai 2 kombinasi 2 Staad Pro 2008})$$

$$= 73,156 \times 10^6 \text{ Nmm}$$

- Tulangan yang terpasang pada daerah tarik 5 D 16 ($AS = 1004,80 \text{ mm}^2$),
- Tulangan yang terpasang pada daerah tekan 3 D 16 ($AS' = 602,88 \text{ mm}^2$),
- Tulangan plat terpasang disepanjang beff 10 Ø 10 ($AS_{\text{plat}} = 706,50 \text{ mm}^2$),

Kontrol Momen Negatif

$$\text{Tulangan tarik } AS_{\text{plat}} = 10 \text{ Ø } 10 = 706,50 \text{ mm}^2$$

$$\text{Tulangan tarik } AS = 5 \text{ D } 16 = 1700,31 \text{ mm}^2$$

$$\text{Tulangan tekan } AS' = 3 \text{ D } 16 = 1133,54 \text{ mm}^2$$

$$\text{Tulangan tarik } AS + AS_{\text{plat}} = 706,50 + 1700,31 = 2406,81 \text{ mm}^2$$

$$Y1 = 20 + \frac{1}{2} \cdot 10$$

$$= 25 \text{ mm}$$

$$Y2 = 40 + 10 + \frac{1}{2} \cdot 19$$

$$= 59,5 \text{ mm}$$

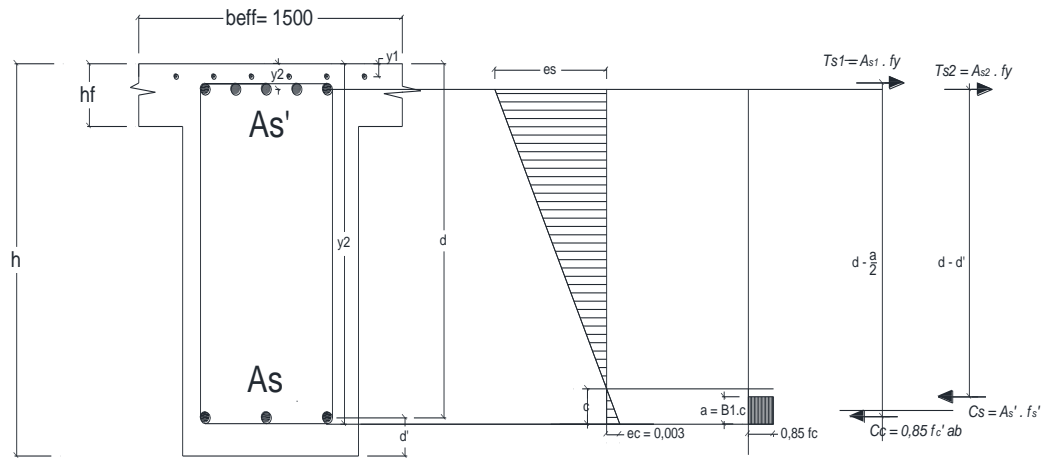
$$Y = \frac{(706,50 \times 25) + 1700,31 \times 60}{2406,81}$$

$$= 49,373 \text{ mm}$$

$$d = 500 - 49,373 = 450,627 \text{ mm}$$

$$d' = 40 + 10 + \frac{1}{2} \cdot 19$$

$$= 59,5 \text{ mm}$$



a. penampang balok

b. Regangan

c. Tegangan

Gambar 4.1 Diagram Tegangan Regangan

Dimisalkan garis netral $> d'$ maka perhitungan garis netral dicari dengan menggunakan persamaan:

$$0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b + A_s' \cdot f_s' = A_s \cdot f_f$$

$$\text{Substitusi nilai: } f_s' = \frac{(c - d')}{c} \times 600 = A_{s_{\text{plat}}} \cdot f_{y_{\text{polos}}} + A_{s_{\text{balok}}} - f_{y_{\text{ulir}}}$$

$$(0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b) \cdot c + A_s' (c - d') 600 = A_{s_{\text{plat}}} \cdot f_{y_{\text{polos}}} c + A_{s_{\text{balok}}} - f_{y_{\text{ulir}}} \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c' \cdot \beta_1 \cdot b) \cdot c^2 + 600 \cdot A_s' \cdot c - 600 \cdot A_s' \cdot d' = A_{s_{\text{plat}}} \cdot f_{y_{\text{polos}}} c + A_{s_{\text{balok}}} - f_{y_{\text{ulir}}} \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c' \cdot \beta_1 \cdot b) \cdot c^2 + 600 \cdot A_s' \cdot d' - A_{s_{\text{plat}}} \cdot f_{y_{\text{polos}}} c + A_{s_{\text{balok}}} - f_{y_{\text{ulir}}} \cdot c = 0$$

$$(0,85 \cdot f_c' \cdot \beta_1 \cdot b) \cdot c^2 + (600 \cdot A_s' - A_{s_{\text{plat}}} \cdot f_{y_{\text{polos}}} - A_{s_{\text{balok}}} - f_{y_{\text{ulir}}}) \cdot c - 600 \cdot A_s' \cdot d' = 0$$

$$A_s' \cdot d' = 0$$

$$(0,85 \cdot 30 \cdot 0,85 \cdot 400) \cdot c^2 + (600 \cdot 1133,54 - 706,50 \cdot 1700,31 \cdot 390) \cdot c - 600 \cdot 1133,54 \cdot 59,5 = 0$$

$$1133,54 \cdot 59,5 = 0$$

$$8670 \cdot c^2 - 152436 \cdot c - 41487564 = 0$$

Dengan rumus ABC

$$\frac{B \pm \sqrt{B^2 - 4AC}}{2A}$$

$$= -152436,0 \frac{\pm \sqrt{(-152436)^2 - (4 \times 8670 \times (-41487564))}}{2 \times 8670}$$

$$C1 = -78,522 \text{ mm}$$

$$C2 = 60,940 \text{ mm, maka diambil } c2 = 60,940$$

$$a = \beta \times c$$

$$= 0,85 \times 60,940$$

$$= 51,799 \text{ mm}$$

$$\epsilon_s' = \frac{c-d'}{c} \times \epsilon_c = \frac{60,940-60}{60,940} \times 0,003 = 0,00007$$

$$C = \frac{d-c}{c} \times \epsilon_c = \frac{450,63-60,940}{60,940} \times 0,003 = 0,01918$$

$$\epsilon_s = \frac{fy}{Es} = \frac{390}{200000} = 0,00195$$

karena $\epsilon_s > \epsilon_y > \epsilon_s'$ maka tulangan baja tarik leleh, baja tekan belum

dihitung tegangan pada tulangan baja tekan.

$$F_s = \epsilon_s' \times E_s$$

$$= 0,00007 \times 200000$$

$$= 14,182 \text{ Mpa} < 390 \text{ Mpa}$$

Menghitung gaya tekan dan tarik

$$ND1 = 0,85 f_c \cdot a \cdot b$$

$$= 0,85 \times 30 \times 51,799 \times 350$$

$$= 611138 \text{ N}$$

$$ND2 = A_s' \times f_s$$

$$= 1133,540 \times 14,182$$

$$= 16075,496 \text{ N}$$

$$ND = ND1 + ND2$$

$$= 611138 + 16075,496$$

$$= 627213,5 \text{ N}$$

$$ND = NT = 627213,5 \text{ N}$$

$$NT1 = A_{s_{plat}} \cdot f_{y_{polos}}$$

$$= 706,50 \times 240$$

$$= 169560 \text{ N}$$

$$NT2 = A_{s_{plat}} \cdot f_{y_{ulir}}$$

$$= 1700,31 \times 390$$

$$= 6631230,9 \text{ N}$$

$$NT = NT1 + NT2$$

$$= 611138 + 16075,496$$

$$= 627213,5 \text{ N}$$

$$Z1 = d - (1/2 \cdot a)$$

$$= 450,627 - (1/2 \cdot 51,799)$$

$$= 424,728 \text{ mm}$$

$$Z2 = d - d'$$

$$= 450,627 - 59,5$$

$$= 391,13 \text{ mm}$$

$$MN = (ND1 \cdot Z1) + (ND2 \cdot Z2)$$

$$= (611138 \cdot 414,728) + (16075,50 \cdot 391,13)$$

$$= 252234477 \text{ Nmm}$$

$$M_N = \phi \cdot M_n$$

$$= 0,8 \cdot 252234477$$

$$= 166787582 \text{ Nmm} > M_u = 163746000 \text{ Nmm} \dots\dots\dots(\text{aman})$$

$$M_{pr} = 1,25 \cdot M_n$$

$$= 1,25 \cdot 252234477$$

$$= 31529309 \text{ Nmm}$$

B. Perhitungan Penulangan Lapangan 3247

$$M_u^+ = 32,83 \text{ KNm (Kombinasi 1 hasil staad pro 2008)}$$

$$32,83 \cdot 10^6 \text{ Nmm}$$

Tulangan yang terpasang pada daerah tarik 4 D 19 ($A_s = 1133,54 \text{ mm}^2$)

Tulangan yang terpasang pada daerah tekan 3 D 19 ($A_s' = 850,16 \text{ mm}^2$)

Tulangan palat terpasang disepanjang beff 10 Ø 10 ($A_{s_{\text{palat}}} = 785,00 \text{ mm}^2$)

Kontrol Momen Negatif

$$\text{Tulangan tekan } A_s'_{\text{palat}} = 10 \text{ Ø } 10 = 785,00 \text{ mm}^2$$

$$A_s'_{\text{balok}} = 3 \text{ D } 19 = 850,16 \text{ mm}^2$$

$$A_s, = 785,00 + 850,16 = 1635,16 \text{ mm}^2$$

Tulangan tarik $A_s = 4 \text{ D } 19 = 1133,54$

$$Y_1 = 20 + 1/2 \cdot 10$$

$$= 25 \text{ mm}$$

$$Y_2 = 40 + 10 + 1/2 \cdot 19$$

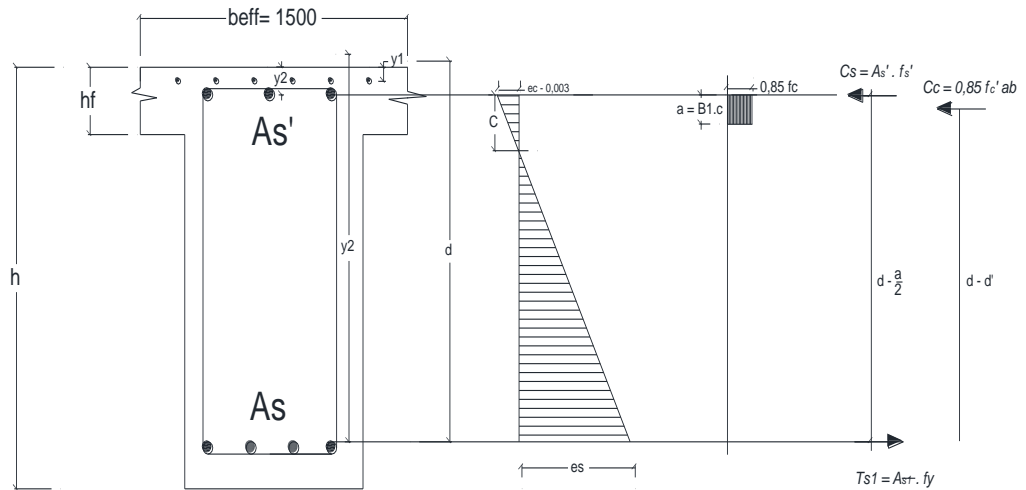
$$= 59,5 \text{ mm.}$$

$$Y = d' = \frac{(785 \times 25) + (850,16 \times 59,5)}{1635,16}$$

$$= 42,937 \text{ mm}$$

$$d = 500 - 42,937 = 475,063 \text{ mm}$$

$$d_s = 40 + 10 + 1/2 \cdot 19 = 59,5 \text{ mm}$$



a. Penampang balok

b. Regangan

c. Tegangan

Gambar 4.3 diagram Tegangan Dan Regangan

misalkan garis netral $> y_2'$ maka perhitungan garis netral dicari dengan

menggunakan $0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot beff + As' \cdot fs' = As \cdot fy$

substitusi nilai: $fs = \frac{(c-d')}{c} \times 600$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot beff) \cdot c + As' (c - d') \cdot 600 = As \cdot fy \cdot c$$

Substitusi nilai: $a = \beta_1 \cdot c$

$$f_c < 35 \text{ Mpa} \longrightarrow \beta_1 = (0,85 - f_c - 30) \times 0,008$$

$$\beta_1 = 0,81$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot beff) \cdot c + As' (c - d') \cdot 600 = As \cdot fy \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b_{eff}) \cdot c^2 + 600 \cdot A_s' \cdot c - 600 \cdot A_s' \cdot d' = A_s \cdot f_y \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b_{eff}) \cdot c^2 + 600 \cdot A_s' \cdot c - 600 \cdot A_s' \cdot d' - A_s \cdot f_y \cdot c = 0$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b_{eff}) \cdot c^2 + (600 \cdot A_s' \cdot A_s \cdot f_y) \cdot c - 600 \cdot A_s' \cdot d' = 0$$

$$(0,85 \cdot 30 \cdot 0,81 \cdot 350) \cdot c^2 + (600 \cdot 1635,16 - 1133,54 \cdot 390) \cdot c - 600 \cdot 1635,16 \cdot 42,937 = 0$$

$$7586,25 c^2 + 539012,4 c - 42125533,50 = 0$$

$$C = 60,557 \text{ mm}$$

$$\epsilon_{s'} = \frac{c-y_1}{c} \times \epsilon_c = \frac{53,780 - 25}{53,780} \times 0,003 = 0,00161$$

$$\epsilon_{s1} = \frac{y_2-c}{c} \times \epsilon_c = \frac{59,500 - 53,780}{53,780} \times 0,003 = 0,00032$$

$$\epsilon_{s2} = \frac{d-c}{c} \times \epsilon_c = \frac{450,60 - 53,780}{53,780} \times 0,003 = 0,02214$$

$$\epsilon_y = \frac{f_y}{E_s} = \frac{390}{200000} = 0,00195$$

$$\epsilon_{s2} > \epsilon_y \text{ maka } f_s = f_y$$

kerena $c < d'$, tulangan tekan sebagai mengalami gaya tarik maka dihitung

nilai c menurut persamaan:

$$f_s = \epsilon_{s'} \times E_s$$

$$= 0,00005 \times 200000$$

$$= 10,473 < 390 \text{ Mpa}$$

Dihitung gaya tekan dan tarik

$$ND1 = 0,85 \times f_c \times a \times b$$

$$= 0,85 \times 30 \times 51,473 \times 350$$

$$= 459400,541 \text{ N}$$

$$ND2 = A_{s_{plat}} \times f_{y_{polos}}$$

$$= 1133,54 \times 10,473$$

$$= 11871,312 \text{ N}$$

$$NT1 = A_{s_{plat}} \times f_{y_{polos}}$$

$$= 785 \times 240$$

$$= 188400 \text{ N}$$

$$NT2 = A_{s_{blok}} \times f_{y_{ulir}}$$

$$= 850,16 \times 390$$

$$= 331560,5 \text{ N}$$

$$ND1 + ND2 = NT1 + NT2$$

$$459400 + 11871,312 = 188400 + 331560,5$$

$$471271,9 = 519960,5$$

$$Z1 = d - (1/2 \cdot a)$$

$$= 457,063 - (1/2 \cdot 51,473)$$

$$= 431,326 \text{ mm}$$

$$Z2 = d - d'$$

$$= 457,063 - 59,5$$

$$= 397,563 \text{ mm}$$

$$Mn = (ND1 \times Z1) + (ND2 \times Z2)$$

$$= (459400,541 \times 431,326) + (11871,312 \times 397,563)$$

$$= 202870953,848 \text{ Nmm}$$

$$Mr = \Phi \cdot Mn$$

$$= 0,9 \times 202870953,848$$

$$= 182583858,463 \text{ Nmm}$$

$$M_{pr} = 1,25 \cdot M_n$$

$$= 1,25 \cdot 202870953,848$$

$$= 253588692,310 \text{ Nmm}$$

Kontrol Momen Positif

$$\text{Tulangan tekan } A_s'_{\text{palat}} = 10 \text{ } \emptyset \text{ } 10 = 785,00 \text{ mm}^2$$

$$A_s'_{\text{balok}} = 3 \text{ D } 19 = 850,16 \text{ mm}^2$$

$$A_s, = 785,00 + 850,16 = 1635,16 \text{ mm}^2$$

$$\text{Tulangan tarik } A_s = 4 \text{ D } 19 = 1133,54$$

$$Y_1 = 20 + 1/2 \cdot 10$$

$$= 25 \text{ mm}$$

$$Y_2 = 40 + 10 + 1/2 \cdot 19$$

$$= 59,5 \text{ mm.}$$

$$Y = d' = \frac{(785 \times 25) + (850,16 \times 59,5)}{1635,16}$$

$$= 42,937 \text{ mm}$$

$$d = 500 - 42,937 = 457,063 \text{ mm}$$

$$d, = 40 + 10 + 1/2 \cdot 19 = 59,5 \text{ mm}$$

$$F_s' = \epsilon_s' \cdot E_s$$

$$\epsilon_s' = \frac{c-y_1}{c} \times \epsilon_c \times \epsilon_s = \frac{-19,491 - 25}{-19,491} \times 0,003 \times 200000$$

$$= 1369,586 \text{ Mpa}$$

$$f_s = f_{y_{ulir}} = 390 \text{ Mpa}$$

menghitung gaya tekan dan tarik

$$ND1 = 0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b_{eff}$$

$$= 0,85 \cdot 30 \cdot 16,567 \cdot 1500$$

$$= - 633701,138 \text{ N}$$

$$ND2 = A_s \cdot x \cdot f_s$$

$$= 785,00 \times 1369,586$$

$$= 1075124,981 \text{ N}$$

$$NT1 = A_s \cdot f_s$$

$$= 850,16 \times 390$$

$$= 331560,450 \text{ N}$$

$$NT2 = A_s' \cdot f_y$$

$$= 1133,54 \times 390$$

$$= 442080,600 \text{ N}$$

$$ND1 + ND2 = NT1 + NT2$$

$$- 633701,138 + - 633701,138 = 331560,450 + 442080,600$$

$$441423,843 = 773641,050$$

$$Z1 = d - (1/2 \cdot a)$$

$$= 440,500 - (1/2 \cdot - 16,567)$$

$$= 448,784 \text{ mm}$$

$$Z_2 = d - y_1'$$

$$= 42,937 - 25$$

$$= 17,937 \text{ mm}$$

$$M_n = (N D_1 \cdot Z D_1) + (N D_2 \cdot D Z_2)$$

$$= (331560,450 \cdot 448,784) + (442080,600 \cdot 17,937)$$

$$= 426728672 \text{ Nmm}$$

$$M_r = \phi \times m_n$$

$$= 0,8 \times 426728672$$

$$= 34138294 \text{ Nmm} > M_u = 32830000 \text{ Nmm} \dots (\text{aman})$$

$$M_{pr} = 1,25 \times M_n$$

$$= 1,25 \times 34138294$$

$$= 42672868 \text{ Nmm}$$

C. Perhitungan Penulangan Tumpuan Kiri 507

$$M_u^- = 39,56 \text{ KNm (kombinasi 1 hasil staad pro 2008)}$$

$$= 39,56 \times 10^6 \text{ Nmm}$$

$$M_u^+ = 3,431 \text{ KNm (beban gempa dinmaik hasil staad pro 2008)}$$

$$= 3,431 \times 10^6 \text{ Nmm}$$

Dicoba pemasangan tulangan sebagai berikut:

- Tulangan yang terpasang pada daerah tarik 4 D 19 ($A_s = 1133,54 \text{ mm}^2$)
- Tulangan yang terpasang pada daerah tekan 3 D 19 ($A_s' = 850,16 \text{ mm}^2$)
- Tulangan palat terpasang disepanjang beff 10 Ø 10 ($A_{s_{\text{palat}}} = 785 \text{ mm}^2$)

Kontrol Momen Negatif

$$\text{Tulangan tarik Aspalat} = 10 \text{ } \varnothing 10 = 785 \text{ mm}^2$$

$$\text{Tulangan tarik As} = 4 \text{ D } 19 = 1133,54 \text{ mm}^2$$

$$\text{Tulangan tekan As'} = 3 \text{ D } 19 = 850,16 \text{ mm}^2$$

$$\text{Tulangan tarik As + Aspalat} = 785 + 1133,54 = 1918,54 \text{ mm}^2$$

$$Y1 = 20 + 1/2 \cdot 9 = 24,5 \text{ mm}$$

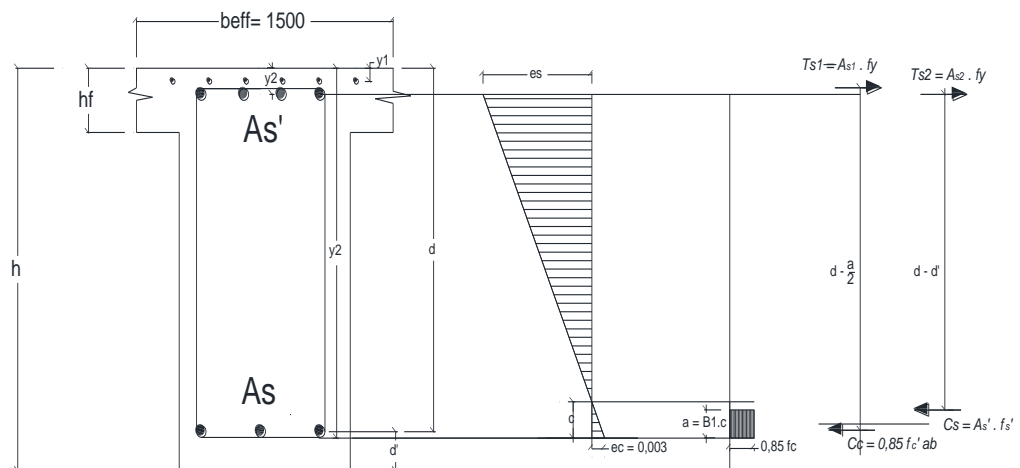
$$Y2 = 40 + 10 + 1/2 \cdot 19 = 59,5 \text{ mm}$$

$$Y = \frac{(785 \times 24,5) + (1133,54 \times 58,5)}{1918,54}$$

$$= 44,588 \text{ mm}$$

$$d = 500 - 44,588 = 455,412 \text{ mm}$$

$$d' = 20 + 1/2 \cdot 19 = 59,5 \text{ mm}^2$$



Gambar 4.5 diagram tegangan regangan

dimmisalkan garis netral $> d'$ maka petrhitungan garis netral dicari dengan

menggunakan persamaan:

$$(0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b + As' \cdot fs') = As \cdot fy$$

$$\text{Subtitusi nilai: } fs' = \frac{(c-d')}{c} \times 600$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b_{eff}) + A_{s_{plat}} \frac{(c-d')}{c} \times 600 = A_s \cdot f_{y_{ulir}}$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b) \cdot c + A_s' (c - d') 600 = A_s \cdot f_{y_{ulir}} \cdot c$$

Substitusi nilai: $a = \beta_1 \cdot c$

$$f_c < 30 \text{ Mpa} \longrightarrow \beta_1 = 0,85 - (f_c - 30) \times 0,008$$

$$\beta_1 = 0,85$$

$$(0,85 \cdot \beta_1 \cdot a \cdot b) \cdot c^2 + 600 \cdot A_s' \cdot c - 600 \cdot A_s \cdot d' = A_s \cdot f_{y_{ulir}} \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta_1 \cdot c \cdot b_{eff}) \cdot c^2 + 600 \cdot A_s' \cdot c - 600 \cdot A_s' \cdot d' = A_s \cdot f_y \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta_1 \cdot b) \cdot c^2 + 600 \cdot A_s' \cdot c - 600 \cdot A_s' \cdot d' - A_s \cdot f_{y_{ulir}} \cdot c = 0$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta_1 \cdot b) \cdot c^2 + (600 \cdot A_s - A_s \cdot f_{y_{ulir}}) \cdot c - 600 \cdot A_s' \cdot d' = 0$$

$$(0,85 \cdot 30 \cdot 0,85 \cdot 350) \cdot c^2 + (600 \cdot 850,16 - 785 \cdot 240) \cdot c - 600 \cdot 1133,54 \cdot 390 = 0$$

$$7586,25 c^2 - 120387,6 c - 30350534 = 0$$

Dengan rumus ABC

$$\frac{B \pm \sqrt{B^2 - 4AC}}{2A}$$

$$C1 = 192,091 \text{ mm}$$

$$a = \beta \times c$$

$$= 0,85 \times 192,091$$

$$= 163,277 \text{ mm}$$

$$\epsilon_{s'} = \frac{c-d'}{c} \times \epsilon_c = \frac{192,091 - 59,5}{192,091} \times 0,003 = 0,00207$$

$$\epsilon_s = \frac{d-c}{c} \times \epsilon_c = \frac{455,412 - 192,091}{192,091} \times 0,003 = 0,00411$$

$$\epsilon_y = \frac{f_y}{E_s} = \frac{390}{200000} = 0,00195$$

$\epsilon_s > \epsilon_y > \epsilon_s'$ maka tulangan baja tarik telah leleh, baja tekan belum dihitung tegangan pada tulangan baja tekan.

$$\begin{aligned} f_s' &= \epsilon_s \cdot E_s \\ &= 0,00207 \times 200000 \\ &= 414,151 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} ND1 &= 0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b \\ &= 0,85 \cdot 30 \cdot 163,277 \cdot 350 \\ &= 1457520,349 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} ND2 &= A_{s_{plat}} \times f_s' \\ &= 850,16 \times 414,151 \\ &= 352092,190 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} NT1 &= A_{s_{plat}} \cdot f_{y_{polos}} \\ &= 785 \times 240 \\ &= 188400 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} NT2 &= A_{s_{balok}} \cdot f_{y_{ulir}} \\ &= 1133,54 \times 390 \\ &= 442080,6 \text{ N} \end{aligned}$$

$$ND1 + ND2 = NT1 + NT2$$

$$\begin{aligned} 1457520,349 + 352092,190 &= 188400 + 442080,6 \\ 1809334,5 &= 630480,6 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z1 &= d - (1/2 \cdot a) \\ &= 455,412 - (1/2 \cdot 163,277) \\ &= 373,773 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$Z2 = d - d'$$

$$= 455,412 - 59,5$$

$$= 395,912 \text{ mm}$$

$$Mn = (ND1 \cdot Z1) + (ND2 \cdot Z2)$$

$$= (1457520,349 \times 373,773) + (352092,190 \times 395,912)$$

$$= 584078145 \text{ Nmm}$$

$$Mr = \phi \times mn$$

$$= 0,8 \times 684078145$$

$$= 407262516 \text{ Nmm} > Mu = 39560000 \text{ Nmm} \dots (\text{aman})$$

$$Mpr = 1,25 \times Mn$$

$$= 1,25 \times 684078145$$

$$= 855097681 \text{ Nmm}$$

Kontrol Momen Positif

$$\text{Tulangan tarik Aspalat} = 10 \text{ } \phi 10 = 785 \text{ mm}^2$$

$$\text{Tulangan tarik As} = 4 \text{ D } 19 = 1133,54 \text{ mm}^2$$

$$\text{Tulangan tarik As,} = 3 \text{ D } 19 = 850,16 \text{ mm}^2$$

$$\text{Tulangan tarik As + Aspalat} = 785 + 1133,54 = 1918,54 \text{ mm}^2$$

$$Y1 = 20 + 1/2 \cdot 10 = 25 \text{ mm}$$

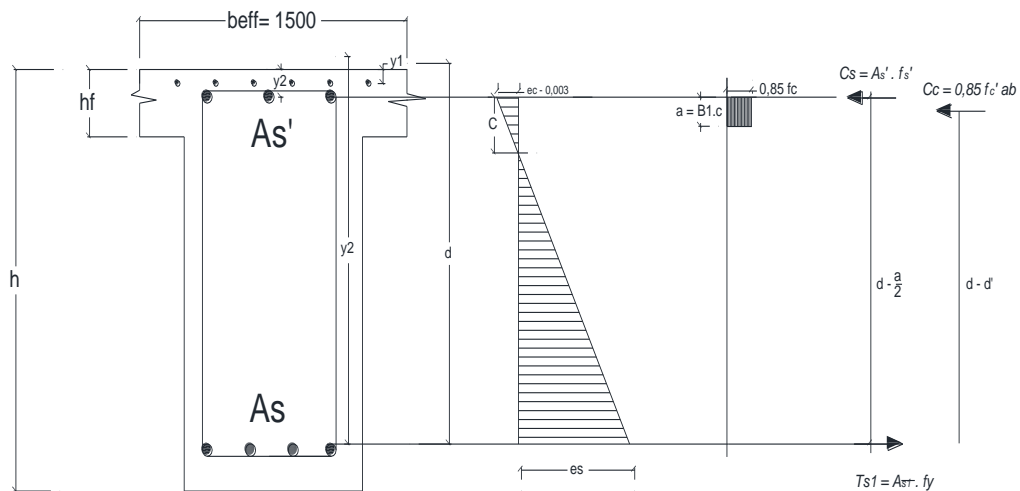
$$Y2 = 40 + 10 + 1/2 \cdot 19 = 59,5 \text{ mm}$$

$$Y = \frac{(785 \times 25) + (1133,54 \times 58,5)}{1918,54}$$

$$= 45,384 \text{ mm}$$

$$d = 500 - 59,5 = 440,5 \text{ mm}$$

$$d' = 20 + 1/2 \cdot 19 = 59,5 \text{ mm}^2$$



a. penampang balok

b. regangan

c. Tegangan

Gambar 4.6 Diagram tegangan dan regangan

Dimisalkan garis netral $> y_2$ maka perhitungan garis netral dicari dengan menggunakan persamaan:

$$(0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b + A_s' \cdot f_s') = A_s \cdot f_{y_{ulir}}$$

Substitusi nilai: $f_s' = \frac{(c-d')}{c} \times 600$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b) + A_s' \frac{(c-d')}{c} \times 600 = A_s \cdot f_{y_{ulir}}$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b) \cdot c + A_s' (c - d') \cdot 600 = A_s \cdot f_{y_{ulir}} \cdot c$$

Substitusi nilai: $a = \beta_1 \cdot c$

$$f_c < 30 \text{ Mpa} \longrightarrow \beta_1 = 0,85 - (f_c - 30) \times 0,008$$

$$\beta_1 = 0,85$$

$$(0,85 \cdot \beta_1 \cdot a \cdot b) \cdot c^2 + 600 \cdot A_s' \cdot c - 600 \cdot A_s \cdot d' = A_s \cdot f_{y_{ulir}} \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta_1 \cdot c \cdot b_{eff}) \cdot c^2 + 600 \cdot A_s' \cdot c - 600 \cdot A_s \cdot d' = A_s \cdot f_{y_{ulir}} \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta_1 \cdot b) \cdot c^2 + 600 \cdot A_s' \cdot c - 600 \cdot A_s \cdot d' - A_s \cdot f_{y_{ulir}} \cdot c = 0$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta_1 \cdot b) \cdot c^2 + (600 \cdot A_s - A_s \cdot f_{y_{ulir}}) \cdot c - 600 \cdot A_s \cdot d' = 0$$

$$(0,85 \cdot 30 \cdot 0,85 \cdot 350) \cdot c^2 + (600 \cdot 1918,54 \cdot 850,16 \cdot 390) \cdot c - 600 \cdot 1918,54 = 0$$

$$7586,25 c^2 - 819563,6 c - 52242378 = 0$$

Dengan rumus ABC

$$\frac{B \pm \sqrt{B^2 - 4AC}}{2A}$$

$$= 819563,6 \frac{\pm \sqrt{(819563,6)^2 - (4 \times 7586,25 \times (-52242378))}}{2 \times 7586,25}$$

$$C1 = -57,021 \text{ mm}$$

$$C2 = 52,230 \text{ mm, maka diambil } c2 = 52,230 \text{ mm}$$

$$a = \beta \times c$$

$$= 0,85 \times 52,230$$

$$= 44,395 \text{ mm}$$

$$\epsilon_s' = \frac{c-d'}{c} \times \epsilon_c = \frac{60,678 - 49373}{60,678} \times 0,003 = 0,000559$$

$$\epsilon_s = \frac{d-c}{c} \times \epsilon_c = \frac{450,627 - 60,678}{60,678} \times 0,003 = 0,01928$$

$$\epsilon_y = \frac{fy}{es} = \frac{390}{200000} = 0,00195$$

$\epsilon_s > \epsilon_y > \epsilon_s'$ maka tulangan baja tarik telah leleh, baja tekan belum

dihitung tegangan pada tulangan baja tekan.

$$f_s' = \epsilon_s \cdot E_s$$

$$= 0,000559 \times 200000$$

$$= 111,789 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned}
 \text{ND1} &= 0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b \\
 &= 0,85 \cdot 30 \cdot 44,395 \cdot 350 \\
 &= 441555,94 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{ND2} &= A_{s_{\text{plat}}} \cdot f_s' \\
 &= 706,50 \times 111,789 \\
 &= 78978,789 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{ND3} &= A_s' \cdot f_s \\
 &= 1700,31 \times 111,789 \\
 &= 190075,62 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{NT} &= A_s \cdot f_{y_{\text{ulir}}} \\
 &= 1133,54 \times 390 \\
 &= 442080,6 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\text{ND1} + \text{ND2} + \text{ND3} = \text{NT}$$

$$\begin{aligned}
 441555,94 + 78978,789 + 190075,62 &= 442080,6 \\
 710610,35 &= 442080,6
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Z1} &= d - (1/2 \cdot a) \\
 &= 450,627 - (1/2 \cdot 44,395) \\
 &= 428,430 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Z2} &= d - d' \\
 &= 450,627 - 49,373 \\
 &= 401,25 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Mn} &= (\text{ND1} \cdot \text{Z1}) + (\text{ND2} \cdot \text{D2}) \\
 &= (441556 \times 428,430) + (78978,79 \times 401,25)
 \end{aligned}$$

$$= 45485272 \text{ Nmm}$$

$$M_r = \phi \times M_n$$

$$= 0,8 \times 45485272$$

$$= 36388218 \text{ Nmm} > M_u = 3231000 \text{ Nmm} \dots (\text{aman})$$

$$M_{pr} = 1,25 \times M_n$$

$$= 1,25 \times 36380218$$

$$= 45485272 \text{ Nmm}$$

4.1.2 Perhitungan Penulangan Geser Balok

4.1.2.1 Penulangan Geser Balok Memanjang (Batang) Bentang L =

600 mm diketahui:

$$h \text{ (Tinggi balok)} = 500 \text{ mm} \quad \phi \text{ (faktor reduksi)} = 0,55$$

$$b_w = 350 \text{ mm} \quad f_y \text{ tulangan utama} = 390 \text{ Mpa}$$

$$d \text{ (tinggi efektif balok)} = 440,5 \text{ mm} \quad f_y \text{ tulangan sengkang} = 240 \text{ Mpa}$$

$$h_f \text{ (tebal flens)} = 120 \text{ mm} \quad f_c \text{ (tulangan tekan beton)} = 30 \text{ Mpa}$$

$$\phi \text{ (faktor reduksi)} = 0,55$$

$$\text{bentang bersih (Ln)} = 6000 \text{ mm}$$

$$\text{diameter tulangan} = D 19 \text{ mm}$$

$$\text{diameter tulangan sengkang} = \emptyset 10 \text{ mm}$$

$$M_n \text{ Tumpuan Kiri (Mn -) join} = 252234476,953 \text{ Nmm}$$

$$M_n \text{ tumpuan Kanan (Mn -) join} = 265854699,235 \text{ Nmm}$$

$$M_n \text{ tumpuan kanan (Mn +) join} = 234752726,531 \text{ Nmm}$$

Pada perhitungan tulangan geser untuk struktru tahan gempa ada dua macam, yaitu tulangan geser yang berada didalam sendi plastis dan

tulangan geser yang berada diluar sendi plastis. Daerah yang memiliki kemungkinan terjadinya sendi plastis adalah 2 h dari ujung balok yang ditinjau.

$$W_u = 1,2 D + L$$

Nilai W_u diambil dari hasil Analisa Staad pro pada kombinasi beban Ke – 1 yaitu: $1,2 D + 1,0 L$ dengan nilai = $3132,74 \text{ KN} = 30732,1794 \text{ N}$

Dengan nilai V_u diatas maka dapat diketahui nilai W_u seperti dibawah ini:

Reaksi terdapat beban gravitasi (V_u) = $30732,179 \text{ N}$

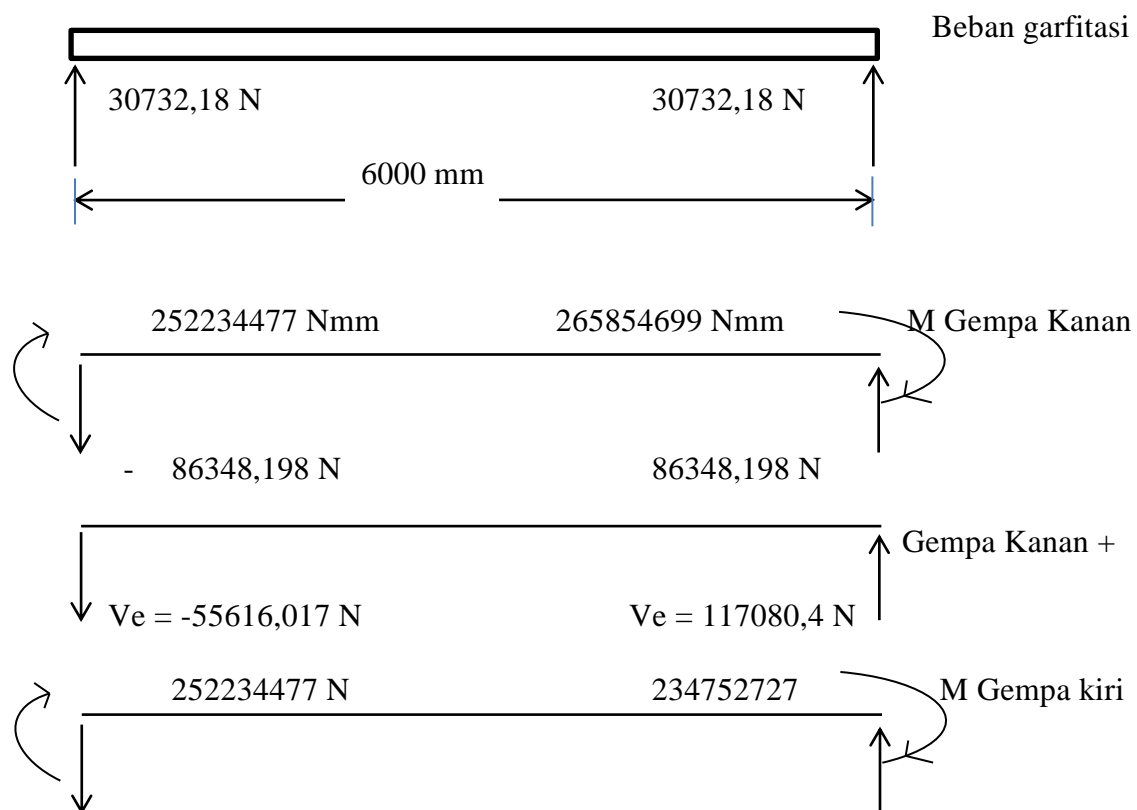
$$30732,179 = 1/2 \times W_u \times L$$

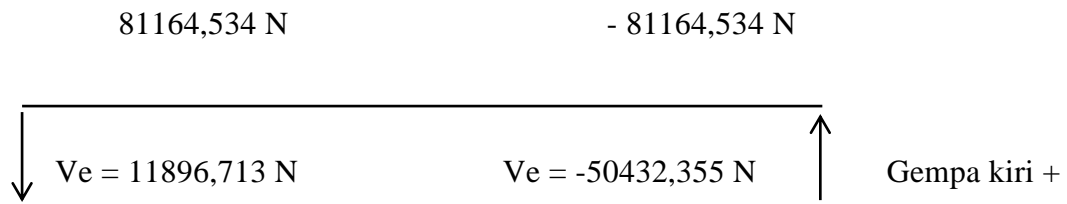
$$30732,179 = 1/2 \times W_u \times 6000$$

$$1/2 \times W_u = 30732,179 / 6000$$

$$W_u = 10,244 \text{ N/mm}$$

$$1,2 D + L = 3,120 \text{ N/mm}$$





❖ **Balok (60/30)**

$b_w = 350 \text{ mm}$ $f_c' = 30 \text{ Mpa}$
 $h = 500 \text{ mm}$ $f_y = 240 \text{ Mpa (Tul.Geser)}$
 $d = 440,5 \text{ mm}$
 $L = 6000 \text{ mm}$
 $V_{u1} = 35,10 \text{ kN (kombinasi 1 hasil staad pro 2008)}$
 $V_{u2} = 17,602 \text{ kN (kombinasi 1 hasil staad pro 2008)}$
 $V_{u3} = 10,572 \text{ kN (kombinasi 1 hasil staad pro 2008)}$
 $V_{u4} = 28,133 \text{ kN (kombinasi 2 hasil staad pro 2008)}$

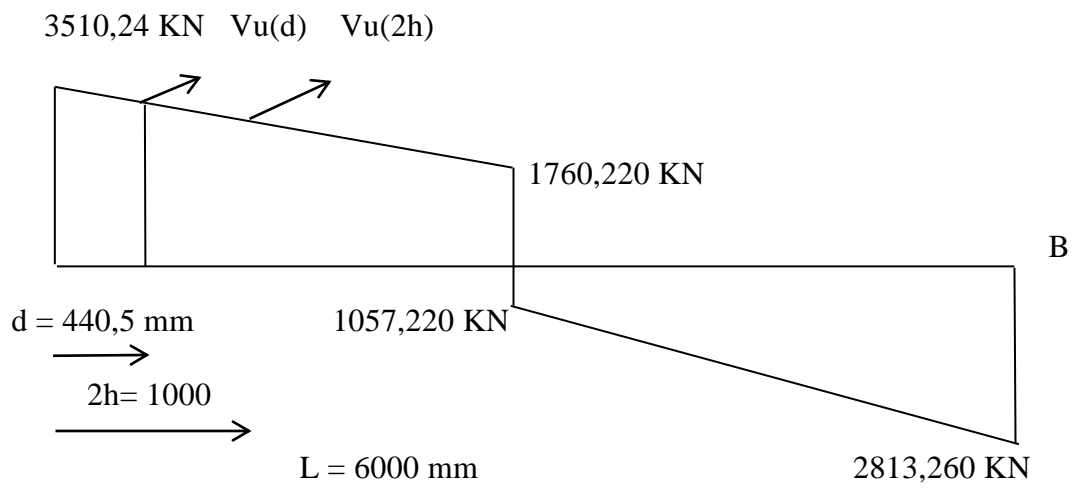


Diagram gaya geser yang bekerja pada balok

❖ **Tulangan geser pada sendi plastis**

$$\frac{3510,24 - Vu(d)}{440,5} = \frac{3510,24 - 1760,220}{6000}$$

$$3510,24 - Vu(d) = \frac{3510,24 - 1760,220}{6000} \times 440,5$$

$$Vu(d) = 3510,24 - 128,281 = 3381,76 \text{ KN}$$

$V_c = 0$ apabila memenuhi ketentuan pada SNI-2847 pasal 23.3.(4.(2))

berikut

Beban aksial tekan $\leq A_g \cdot f_c / 10$

$$11,30 \text{ KN} \leq \{ (350 \times 500) \times 6000 / 20 \} 10^{-3}$$

$$11,30 \text{ KN} \leq 6562,5 \text{ KN} \dots\dots\dots \text{OK}$$

$$V_c = 0$$

$V_u > \phi v_c$, maka harus dipasang tulangan geser (SNI-2847 pasal

13.5.(6.(1))

$$\begin{aligned} V_u &= \frac{Vu(d)}{\phi} - v_c \\ &= \frac{3381,76}{0,55} - 0 = 6148,65 \text{ KN} \end{aligned}$$

Direncanakan tulangan sengkang $\emptyset 10$ (2 Kaki)

$$\begin{aligned} S &= \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} \\ &= \frac{\left(2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10^2 \right) \times 240 \cdot 440,5 \cdot 10^{-3}}{6148,653} \\ &= 105,760 \text{ KN} \end{aligned}$$

Persyaratan spasi maksimum pada daerah gempa SNI-2847 pasal

23.3.(3.(2)))

S_{maks} sepanjang sendi plastis diujung balok $2h = 2 \times 500 = 1000 \text{ mm}$

Spasi maksimum tidak boleh melebihi dari

- $\frac{d}{4} = \frac{440,5}{4} = 110,125 \text{ mm}$
- $8 \times \text{diameter tulangan} = 8 \times 9 = 72 \text{ mm}$
- $24 \times \text{diameter sengkang} = 24 \times 10 = 240 \text{ mm}$
- 300 mm

Jadi dipakai sengkang $\emptyset 10 - 100 \text{ mm}$

$$\begin{aligned}
 V_s \text{ terpasang} &= \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{s} \\
 &= \frac{\left(2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10^2 \right) \times 240 \cdot 440,5 \cdot 10^{-3}}{100} \\
 &= 324,660 \text{ KN}
 \end{aligned}$$

$V_n = V_c + V_s \text{ terpasang}$

$$= 0 + 324,660$$

$$= 324,660 \text{ KN}$$

$\emptyset V_n = 0,55 V_n$

$$= 0,55 \times 324,660$$

$$= 178,56 \text{ KN}$$

Kontrol kuat geser nominal menurut SNI-2847 pasal 13.5.(6.(9))

$$V_s \text{ maks} \leq \left(\frac{2}{3} \right) \sqrt{f_c' \cdot b_w \cdot d}$$

$$V_s \text{ maks} \leq \left(\frac{2}{3} \right) \sqrt{30 \cdot 350 \cdot 440,5 \cdot 10^{-3}}$$

$$207,134 \text{ KN} < 562,968 \text{ KN}$$

❖ Tulangan geser pada daerah sendi plastis

$$V_u(d) = \frac{3510,24 - V_u(2h)}{1000} = \frac{3510,24 - 1760,220}{3000}$$

$$3510,24 - V_u(2h) = \frac{3510,24 - 1760,220}{3000} \times 1000$$

$$V_u(2h) = 3510,24 - 583,34 = 2926,90 \text{ KN}$$

$$\begin{aligned} V_c &= 1/6 \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d \\ &= 1/6 \sqrt{30 \cdot 350 \cdot 440,5} \\ &= 140742 \text{ N} = 140,742 \text{ KN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \emptyset V_c &= 0,55 \times 140,742 \\ &= 77,408 \text{ KN} \end{aligned}$$

$V_u > \emptyset V_c$, maka harus dipasang tulangan geser SNI-2847 pasal

13.5.(6.(1))

$$\begin{aligned} V_s &= \frac{V_u(2h)}{\emptyset} - v_c \\ &= \frac{2926,90}{0,55} - 140,742 = 5180,894 \text{ KN} \end{aligned}$$

Direncanakan tulangan sengkang $\emptyset 10$ (2 kali)

$$\begin{aligned} S &= \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{s} \\ &= \frac{\left(2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10^2\right) \times 240 \cdot 440,5 \cdot 10^{-3}}{5180,894} = 819,769 \text{ mm} \end{aligned}$$

Syarat spasi jarak sengkang maksimum pada daerah luar sendi plastis

menurut SNI-2847 pasal 23.3.(3.(4))

$$= \frac{d}{2} = \frac{440,5}{2} = 220,25 \text{ mm}$$

Jadi dipakai Ø 10 – 250 mm

$$\begin{aligned} V_s \text{ terpasang} &= \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{s} \\ &= \frac{\left(2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10^2 \right) \times 240 \cdot 440,5 \cdot 10^{-3}}{250} \\ &= 66,392 \text{ KN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_n &= V_c + V_s \text{ terpasang} \\ &= 140,742 + 66,392 \\ &= 207,134 \text{ KN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi V_n &= 0,55 + 207,134 \\ &= 113,924 \text{ KN} \end{aligned}$$

Kontrol kuat geser nominal menurut SNI-2847 pasal 13.5.(6.(9))

$$V_s \text{ maks} \leq \left(\frac{2}{3} \right) \sqrt{f_c' \cdot b_w \cdot d}$$

$$V_s \text{ maks} \leq \left(\frac{2}{3} \right) \sqrt{30 \cdot 350 \cdot 440,5 \cdot 10^{-3}}$$

$$207,134 \text{ KN} < 562,968 \text{ KN} \dots\dots\dots(\text{aman})$$

❖ Tulangan geser pada daerah sendi plastis

$$\begin{aligned} V_{u(d)} &= 2813,260 \cdot \left\{ \frac{(6000-3000)-440,5}{(6000-3000)} \right\} \\ &= 2400,18 \text{ KN} \end{aligned}$$

$V_c = 0$ apabila memenuhi ketentuan pada SNI-2847 pasal 23.3.(4(2))

berikut

$$\text{Beban aksial tekan} \leq A_g \cdot f_c / 10$$

$$11,30 \text{ KN} \leq \{ (350 \times 500) \times 6000 / 20 \} 10^{-3}$$

$$11,30 \text{ KN} \leq 6562,5 \text{ KN} \dots\dots\dots \text{OK}$$

$$V_c = 0$$

$V_u > \phi v_c$, maka harus dipasang tulangan geser (SNI-2847 pasal

$$13.5.(6.(1))$$

$$V_c = 0$$

$V_u > \phi v_c$, maka harus dipasang tulangan geser (SNI-2847 pasal

$$13.5.(6.(1))$$

$$\begin{aligned} V_u &= \frac{Vu(d)}{\phi} - v_c \\ &= \frac{2400,18}{0,55} - 0 = 4363,96 \text{ KN} \end{aligned}$$

Direncanakan tulangan sengkang ϕ 10 (2 Kaki)

$$\begin{aligned} S &= \frac{Av \cdot fy \cdot d}{Vs} \\ &= \frac{\left(2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10^2 \right) \times 240 \cdot 440,5 \cdot 10^{-3}}{4363,96} \\ &= 109,651 \text{ mm} \end{aligned}$$

Persyaratan spasi maksimum pada daerah gempa SNI-2847 pasal

$$23.3.(3.(2)))$$

S_{maks} sepanjang sendi plastis diujung balok $2h = 2 \times 500 = 1000 \text{ mm}$

Spasi maksimum tidak boleh melebihi dari

$$\bullet \quad \frac{d}{4} = \frac{440,5}{4} = 110,125 \text{ mm}$$

- 8 x diameter tulangan = 8 x 9 = 152 mm
- 24 x diameter sengkang = 24 x 10 = 240 mm
- 300 mm

Jadi dipakai sengkang Ø 10 – 100 mm

$$\begin{aligned}
 V_s \text{ terpasang} &= \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} \\
 &= \frac{\left(2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10^2 \right) \times 240 \cdot 440,5 \cdot 10^{-3}}{100} \\
 &= 165,980 \text{ KN}
 \end{aligned}$$

$$V_n = V_c + V_s \text{ terpasang}$$

$$= 0 + 165,980$$

$$= 165,980 \text{ KN}$$

$$\phi V_n = 0,55 \times V_n$$

$$= 0,55 \times 165,980$$

$$= 91,289 \text{ KN}$$

Kontrol kuat geser nominal menurut SNI-2847 pasal 13.5.(6.(9))

$$V_s \text{ maks} \leq \left(\frac{2}{3} \right) \sqrt{f_c' \cdot b_w \cdot d}$$

$$V_s \text{ maks} \leq \left(\frac{2}{3} \right) \sqrt{30 \cdot 350 \cdot 440,5 \cdot 10^{-3}}$$

$$165,980 \text{ KN} < 562,968 \text{ KN} \dots\dots\dots(\text{aman})$$

❖ Tulangan geser pada daerah luar sendi plastis

$$V_u(d) = \frac{2813,26 - V_u(2h)}{1000} = \frac{2813,26 - 1057,220}{3000}$$

$$2813,26 - V_u(2h) = \frac{2813,26 - 1057,220}{3000} \times 1000$$

$$V_u(2h) = 2813,26 - 585,347 = 2227,91 \text{ KN}$$

$$\begin{aligned} V_c &= 1/6 \cdot \sqrt{f'c' \cdot bw \cdot d} \\ &= 1/6 \sqrt{30 \cdot 350 \cdot 440,5} \\ &= 140742 \text{ N} = 140,742 \text{ KN} \\ \phi V_c &= 0,55 \times 140,742 \\ &= 77,408 \text{ KN} \end{aligned}$$

$V_u > \phi V_c$, maka harus dipasang tulangan geser SNI-2847 pasal

13.5.(6.(1))

$$\begin{aligned} V_s &= \frac{V_u(2h)}{\phi} - v_c \\ &= \frac{2227,91}{0,55} - 140,742 = 3910,010 \text{ KN} \end{aligned}$$

Direncanakan tulangan sengkang $\phi 10$ (2 kali)

$$\begin{aligned} S &= \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} \\ &= \frac{\left(2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10^2 \right) \times 240 \cdot 440,5 \cdot 10^{-3}}{3910,010} \\ &= 716,769 \text{ mm} \end{aligned}$$

Syarat spasi jarak sengkang maksimum pada daerah luar sendi plastis

menurut SNI-2847 pasal 23.(3.(4))

$$= \frac{d}{2} = \frac{440,5}{2} = 220,25 \text{ mm}$$

Jadi dipakai $\phi 10 - 250 \text{ mm}$

$$V_s \text{ terpasang} = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{s}$$

$$= \frac{\left(2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10^2 \right) \times 240 \cdot 440,5 \cdot 10^{-3}}{250}$$

$$= 66,392 \text{ KN}$$

$$V_n = V_c + V_s \text{ terpasang}$$

$$= 140,742 + 66,392$$

$$= 207,134 \text{ KN}$$

$$\phi V_n = 0,55 + 207,134$$

$$= 113,924 \text{ KN}$$

Kontrol kuat geser nominal menurut SNI-2847 pasal 13.5.(6.(9))

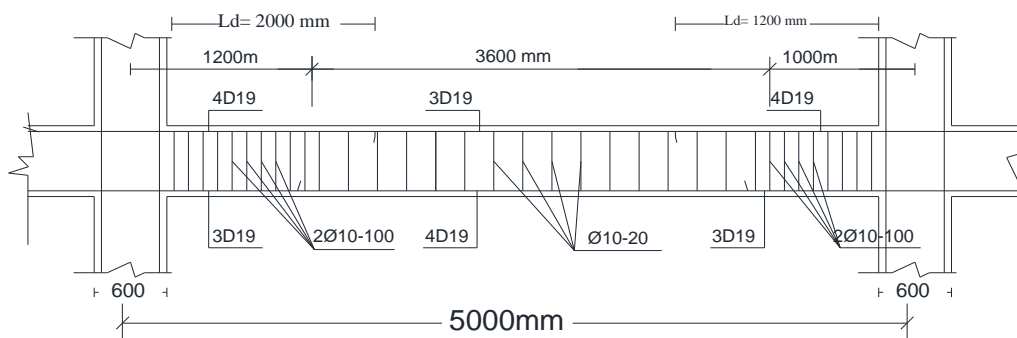
$$V_s \text{ maks} \leq \left(\frac{2}{3} \right) \sqrt{f'c' \cdot b_w \cdot d}$$

$$V_s \text{ maks} \leq \left(\frac{2}{3} \right) \sqrt{30 \cdot 350 \cdot 440,5 \cdot 10^{-3}}$$

$$207,134 \text{ KN} < 562,968 \text{ KN} \dots\dots\dots(\text{aman})$$

Dari hasil perhitungan dan ketentuan ketentuan diatas maka dipasang sengkang sebagai:

- Daerah sendi plastis = $\emptyset 10 - 100$
- Daerah luar sendi plastis = $\emptyset 10 - 250$



Gambar 4.7 penuleng geser (sengkang) pada balok

4.2 Perhitungan Penulangan Kolom

4.2.1 Perhitungan Penulangan Lentur Kolom

Penulangan kolom yang dihitung adalah pada kolom yang berada pada struktur portal melintang line tengah (2) kolom 142

Diketahui;

$$D = 600 \text{ mm}$$

$$\text{Tulangan spiral} \quad \varnothing 10$$

$$\text{Tulangan utama} \quad D 19$$

$$\text{Tebal selimut beton} \quad 40 \text{ mm}$$

$$\text{Tinggi} = h \text{ kolom} - h \text{ balok}$$

$$= 5000 - 600$$

$$= 4400 \text{ mm}$$

$$f_c' = 30 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 390 \text{ Mpa}$$

cek faktor kelangsingan kolom 420

$$E_c = 4700 \sqrt{f_c'}$$

$$= 4700 \sqrt{30} = 45743 \text{ N/mm}^2$$

❖ Kekakuan Kolom Arah Z

Untuk EI K₁₂₈ (kolom 128) : L = 5 m = 5000 mm

$$I_g = \frac{\pi \cdot D^4}{64} = \frac{3,14 \cdot 600^4}{64} = 635850000 \text{ mm}^4$$

$$\beta_d = \frac{\text{Momen beban mati rencana}}{\text{Momen total rencana}} \leq 1$$

$$\beta d = \frac{0,485}{1,054} = 0,460$$

$$\begin{aligned} EI K_{128} &= \frac{0,7 \times Ec \times Ig}{1 + \beta d} \\ &= \frac{0,7 \times 25743 \times 6358500000}{1 + 0,460} = 7,84172363E+13 \text{ Nmm}^2 \end{aligned}$$

Untuk EI K₁₂₄ (kolom) 124 : L = 4,5 m 4500 mm

$$Ig = \frac{\pi \cdot D^2}{64} = \frac{3,14 \cdot 600^2}{64} = 635850000 \text{ mm}^4$$

$$\beta d = \frac{\text{Momen beban mati rencana}}{\text{Momen total rencana}} \leq 1$$

$$\beta d = \frac{0,246}{3,733} = 0,066$$

$$\begin{aligned} EI K_{124} &= \frac{0,7 \times Ec \times Ig}{1 + \beta d} \\ &= \frac{0,7 \times 25743 \times 6358500000}{1 + 0,066} = 1,07496730E+14 \text{ Nmm}^2 \end{aligned}$$

Untuk EI K₇₁₇ (kolom) 717 : L = 4,5 m 4500 mm

$$Ig = \frac{\pi \cdot D^2}{64} = \frac{3,14 \cdot 600^2}{64} = 635850000 \text{ mm}^4$$

$$\beta d = \frac{\text{Momen beban mati rencana}}{\text{Momen total rencana}} \leq 1$$

$$\beta d = \frac{0,546}{4,953} = 0,110$$

$$EI K_{124} = \frac{0,7 \times Ec \times Ig}{1 + \beta d}$$

$$= \frac{0,7 \times 25743 \times 6358500000}{1 + 0,110} = 1,07496730\text{E}+14 \text{ Nmm}^2$$

❖ Kekakuan Balok

Untuk balok B₇₈₆ (balok 786) : L = 5 m = 5000 mm

$$I_g = \frac{1}{12} \times b \times h^3 = \frac{1}{12} \times 350 \times 500^3$$

$$= 3645833333 \text{ Nmm}^2$$

$$EI_{B_{786}} = \frac{0,35 \times E_c \times I_g}{1 + \beta_d}$$

$$= \frac{0,35 \times 25743 \times 3645833333}{1 + 0,575}$$

$$= 2,085447063\text{E}+13 \text{ Nmm}^2$$

Untuk balok B₅₆₇ (balok 567) : L = 5 m = 5000 mm

$$I_g = \frac{1}{12} \times b \times h^3 = \frac{1}{12} \times 350 \times 500^3 = 3645833333 \text{ Nmm}^2$$

$$\beta_d = \frac{23,129}{38,844} = 0,595$$

$$EI_{B_{567}} = \frac{0,35 \times 25743 \times 3645833333}{1 + 0,595}$$

$$= 2,058945098\text{E}+13 \text{ Nmm}^2$$

Untuk balok B₁₄₁₈ (balok 1418) : L = 4 m = 4000 mm

$$I_g = \frac{1}{12} \times b \times h^3 = \frac{1}{12} \times 350 \times 500^3 = 3645833333 \text{ Nmm}^2$$

$$\beta_d = \frac{97,103}{146,836} = 0,661$$

$$\begin{aligned}
EI_{B_{1418}} &= \frac{0,35 \times Ec \times Ig}{1 + \beta d} \\
&= \frac{0,35 \times 25743 \times 3645833333}{1 + 0,595} \\
&= 1,977309473E+13 \text{ Nmm}^2
\end{aligned}$$

Untuk balok B₁₄₁₈ (balok 1418) : L = 5 m = 5000 mm

$$Ig = \frac{1}{12} \times b \times h^3 = \frac{1}{12} \times 350 \times 500^3 = 3645833333 \text{ Nmm}^2$$

$$\beta d = \frac{20,903}{35,396} = 0,591$$

$$\begin{aligned}
EI_{B_{1418}} &= \frac{0,35 \times Ec \times Ig}{1 + \beta d} \\
&= \frac{0,35 \times 25743 \times 3645833333}{1 + 0,591} \\
&= 2,065270048E+13 \text{ Nmm}^2
\end{aligned}$$

Dicari kekakuan relatif (Ψ) kolom yang terdiri dari Ψ atas dan Ψ bawah

$$\begin{aligned}
\Psi_{\text{atas}} &= \frac{\left[\frac{EI_{K124}}{LK124} \right] + \left[\frac{EI_{K768}}{LK768} \right]}{\left[\frac{EI_{B1418}}{Lb1418} \right] + \left[\frac{EI_{B567}}{Lb567} \right]} \\
&= \frac{\left[\frac{1,074967296E+14}{4500} \right] + \left[\frac{1,032038287E+14}{4500} \right]}{\left[\frac{1,977309473E+13}{4000} \right] + \left[\frac{2,065270048E+13}{4000} \right]} \\
&= 4,6
\end{aligned}$$

$$\Psi_{\text{bawah}} = \frac{\left[\frac{EI_{K128}}{LK128} \right] + \left[\frac{EI_{K124}}{LK124} \right]}{\quad}$$

$$\begin{aligned}
& \left[\frac{EI B 786}{Lb 786} \right] + \left[\frac{EI B 567}{Lb 567} \right] \\
&= \left[\frac{7,84712363E+13}{4500} \right] + \left[\frac{1,074967296E+14}{450} \right] \\
& \left[\frac{2,065270048E+13}{4000} \right] + \left[\frac{2,065270048E+13}{4000} \right] \\
&= 4,0
\end{aligned}$$

Dari nilai Ψ atas dan bahwa Ψ diplo ke nomogram untuk kolom tmapa pengaku. (Struktur Beton Bertulang Istimawah Hal.333), diperoleh $k = 2,4$

$$lu = 4500 - 500$$

$$= 4000 \text{ mm}$$

$$r = 0,25 \cdot D = 0,25 \times 600 = 150 \text{ mm}$$

$$\frac{k \cdot lu}{r} = \frac{2,4 \times 4000}{150} = 64 > 22 \longrightarrow \text{pengaruh kelangsingan pada}$$

kolom

$$P_c = \frac{\pi^2 \times EI}{(k \times lu)^2} = \frac{3,14^2 \times 1,074967296E+14}{(2,4 \times 4000)^2} = 27600905,08$$

Perhitungan kelangsingan dan p_c untuk kolom ditebalkan jumlah.

$$\text{Jumlah } p_c \text{ untuk satu tingkat} = 5253632 \text{ N}$$

$$C_m \text{ untuk struktur portal tanpa pengaku diambil} = 1$$

Perhitungan pembesaran momen untuk kombinasi 2 hasil staad pro 2008

$$M_{2b} = 3,733 \text{ KNm} = 3730000 \text{ Nmm}$$

$$M_{2s} = 120,758 \text{ KNm} = 3730000 \text{ Nmm}$$

$$N_u, k \text{ pakai} = P_u = 3988688 \text{ N}$$

➤ **PERHITINGAN DIAGRAM INTERAKSI KOLOM**

✚ **Penulangan arah z**

- **Eksentritas**

$$\begin{aligned}e \text{ min} &= (15 + 0,03 \times h) \\&= (15 + 0,03 \times 600) \\&= 33 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$e = \frac{Mu \cdot Kmax}{Pu} = \frac{3112274500}{3988688} = 78,028 \text{ mm}$$

$$e = 78,03 \text{ mm} > e \text{ min} = 33 \text{ mm} \dots\dots\dots(\text{ok})$$

dicoba tulangan D 19 mm

d = h – sisi luar tulangan terjauh

$$= 600 - 400$$

$$= 560 \text{ mm}$$

$$d' = 600 - 560$$

$$= 40 \text{ mm}$$

- **Luas penampang kolom (Ag)**

$$Ag = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 = \frac{3,14}{4} \cdot 600^2 = 282600 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah tulangan } 2,1 \% \times \rho \text{ (rasio tulangan tarik) } = 0,021$$

$$A_{\text{Sperlu}} = \rho \times Ag$$

$$= 0,021 \times 282600$$

$$= 5934,6 \text{ mm}^2$$

$$\text{Maka dipakai tualnga 18 D 22 , } A_s \text{ ada} = 8831,3 \text{ mm}^2 > 5934,6 \text{ mm}^2$$

▪ **Beban sentris**

$$\begin{aligned}
 P_o &= 0,85 \cdot f_c' \cdot (A_g - A_{st}) + f_y \cdot A_{st} \\
 &= \{ 0,85 \cdot 30 \cdot (282600 - 8831,3) + 390 \cdot 8831,3 \} \\
 &= 10425,3089 \text{ KN}
 \end{aligned}$$

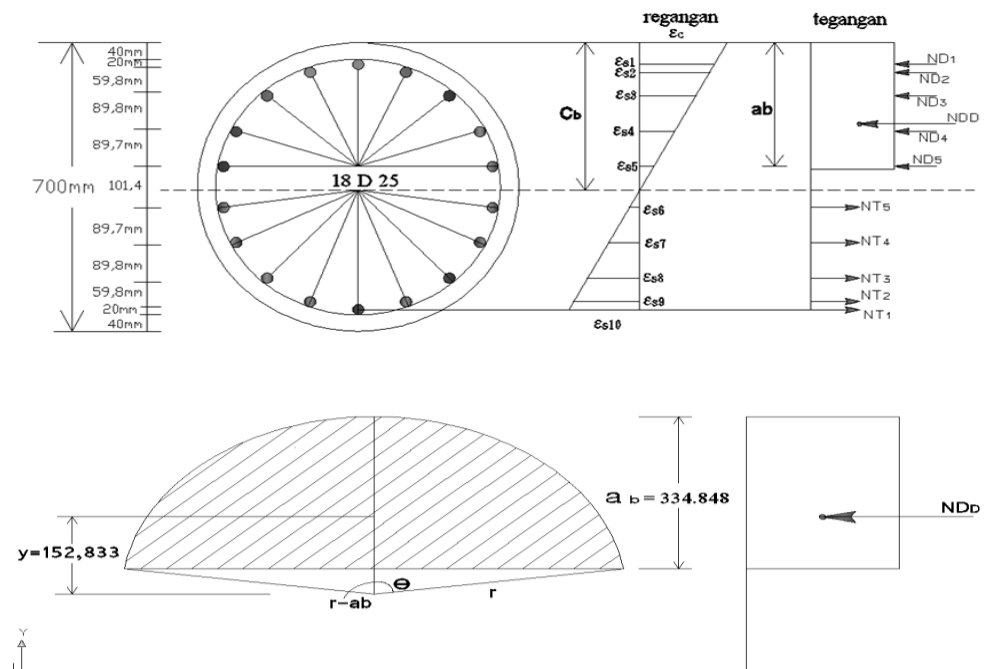
$$\begin{aligned}
 P_n &= 0,85 \cdot P_o \\
 &= 0,85 \cdot 10425,3089 \\
 &= 8861,51252 \text{ KN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi P_n &= 0,65 \cdot 8861,51252 \\
 &= 5759,98314 \text{ KN}
 \end{aligned}$$

▪ **Kondisi seimbang**

$$c_b = \frac{600 \cdot d}{600 + f_y} = \frac{600 \cdot 560}{600 + 390} = 339,394 \text{ mm}$$

$$a_b = c_b \times \beta = 339,394 \times 0,85 = 288,485 \text{ mm}$$



Gambar 4.8 diagram tegangan

$$r (\text{jari} - \text{jari}) = 1/2 \times d = 1/2 \times 600 = 300$$

$$\theta = \cos^{-1} \left[\frac{r-a}{r} \right]$$

$$= \cos^{-1} \left[\frac{300 - 288,485}{300} \right]$$

$$= 87,5188^{\circ}$$

$$A_{\text{tembereng}} = D^2 \times \frac{\theta \left(\frac{\pi}{180} \right) - \sin \theta \times \cos \theta}{4}$$

$$= 600^2 \times \frac{87,5188 \left(\frac{\pi}{180} \right) - \sin 87,5188 \times \cos 87,5188}{4}$$

$$= 137404,6192 \text{ mm}^2$$

$$Y = \frac{D^3}{12 \times A_{\text{tembereng}}} = \frac{600^3}{12 \times 137404,619} = 131,000 \text{ mm}$$

$$ND_D = 0,85 \times f_c' \times A_{\text{tembereng}}$$

$$= 0,85 \times 30 \times 137404,6192 \times 10^{-3}$$

$$= 3503,818 \text{ KN}$$

$$\epsilon_y = \frac{fy}{Es} = \frac{390}{200000} = 0,00195$$

$$\epsilon_{s1} = \frac{cb - d}{cb} \cdot 0,003 = \frac{339,394 - 40}{339,394} \cdot 0,003 = 0,002469643$$

$$\epsilon_{s1} > \text{dari } \epsilon_y; \text{ maka } f_s = f_y = 390 \text{ Mpa}$$

$$ND1 = 981,256 \times 390 \times 10^{-3}$$

$$= 382,68967 \text{ KN}$$

$$\epsilon_{s2} = \frac{339,394 - 60}{339,394} \cdot 0,003 = 0,002469643$$

$\epsilon_{s2} > \text{dari } \epsilon_y$; maka $f_s = f_y = 390 \text{ Mpa}$

$$\begin{aligned}\text{ND2} &= 981,256 \times 390 \times 10^{-3} \\ &= 382,68967 \text{ KN}\end{aligned}$$

$$\epsilon_{s3} = \frac{339,394 - 119,8}{339,394} \cdot 0,003 = 0,001941$$

$\epsilon_{s2} > \text{dari } \epsilon_y$; maka $f_s = f_y = 390 \text{ Mpa}$

$$\begin{aligned}\text{ND3} &= 981,256 \times 390 \times 10^{-3} \\ &= 382,68967 \text{ KN}\end{aligned}$$

$$\epsilon_{s4} = \frac{339,394 - 209,6}{339,394} \cdot 0,003 = 0,001147 < \epsilon_y, \text{ maka}$$

$$\begin{aligned}f_s &= 0,001147 \times E_s \text{ (modulus elastis baja tulangan) Mpa} \\ &= 0,001147 \times 2 \cdot 10^5 \\ &= 229,457 \text{ Mpa}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{ND4} &= 981,256 \times 229,457 \times 10^{-3} \\ &= 225,156 \text{ KN}\end{aligned}$$

$$\epsilon_{s5} = \frac{339,394 - 299,3}{339,394} \cdot 0,003 = 0,00035 < \epsilon_y, \text{ maka}$$

$$\begin{aligned}f_s &= 0,001147 \times E_s \text{ (modulus elastis baja tulangan) Mpa} \\ &= 0,001147 \times 2 \cdot 10^5 \\ &= 70,880 \text{ Mpa}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{ND5} &= 981,256 \times 70,880 \times 10^{-3} \\ &= 69,552 \text{ KN}\end{aligned}$$

$$\epsilon_{s6} = \frac{400,700 - 339,394}{339,394} \cdot 0,003 = 0,00054 < \epsilon_y, \text{ maka}$$

$$\begin{aligned}
 f_s &= 0,00054 \times E_s \text{ (modulus elastis baja tulangan) Mpa} \\
 &= 0,00054 \times 2 \cdot 10^5 \\
 &= 108,380 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 NT5 &= 981,256 \times 70,880 \times 10^{-3} \\
 &= 106,349 \text{ KN}
 \end{aligned}$$

$$\epsilon_{s7} = \frac{429,094 - 400,70}{401} \cdot 0,003 = 0,00021 < \epsilon_y, \text{ maka}$$

$$\begin{aligned}
 f_s &= 0,00021 \times E_s \text{ (modulus elastis baja tulangan) Mpa} \\
 &= 0,00021 \times 2 \cdot 10^5 \\
 &= 42,517 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 NT4 &= 981,256 \times 42,517 \times 10^{-3} \\
 &= 41,720 \text{ KN}
 \end{aligned}$$

$$\epsilon_{s8} = \frac{518,894 - 400,70}{400,700} \cdot 0,003 = 0,00089 < \epsilon_y, \text{ maka}$$

$$\begin{aligned}
 f_s &= 0,00089 \times E_s \text{ (modulus elastis baja tulangan) Mpa} \\
 &= 0,00089 \times 2 \cdot 10^5 \\
 &= 176,981 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 NT3 &= 981,256 \times 176,981 \times 10^{-3} \\
 &= 173,664 \text{ KN}
 \end{aligned}$$

$$\epsilon_{s9} = \frac{578,694 - 400,70}{400,700} \cdot 0,003 = 0,001333 < \epsilon_y, \text{ maka}$$

$$\begin{aligned}
 f_s &= 0,001333 \times E_s \text{ (modulus elastis baja tulangan) Mpa} \\
 &= 0,001333 \times 2 \cdot 10^5 \\
 &= 266,524 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

$$NT2 = 981,256 \times 266,524 \times 10^{-3}$$

$$= 261,529 \text{ KN}$$

$$\epsilon_{s10} = \frac{588,694 - 400,70}{400,700} \cdot 0,003 = 0,001407 < \epsilon_y, \text{ maka}$$

$$\epsilon_{s10} = \epsilon_y; \text{ maka } f_s = f_y = 390 \text{ Mpa}$$

$$NT1 = 981,256 \times 390 \times 10^{-3}$$

$$= 382,68967 \text{ KN}$$

$$P_{nb} = N_{D_D} + ND1 + ND2 + ND3 + ND4 + ND5 - NT1 - NT2 - NT3$$

$$- NT4 - NT5$$

$$= 3503,818 + 382,68967 + 382,68967 + 225,156 + 70,880 -$$

$$382,68967 - 261,529 - 173,664 - 41,720 - 106,349$$

$$= 5147,166 \text{ KN}$$

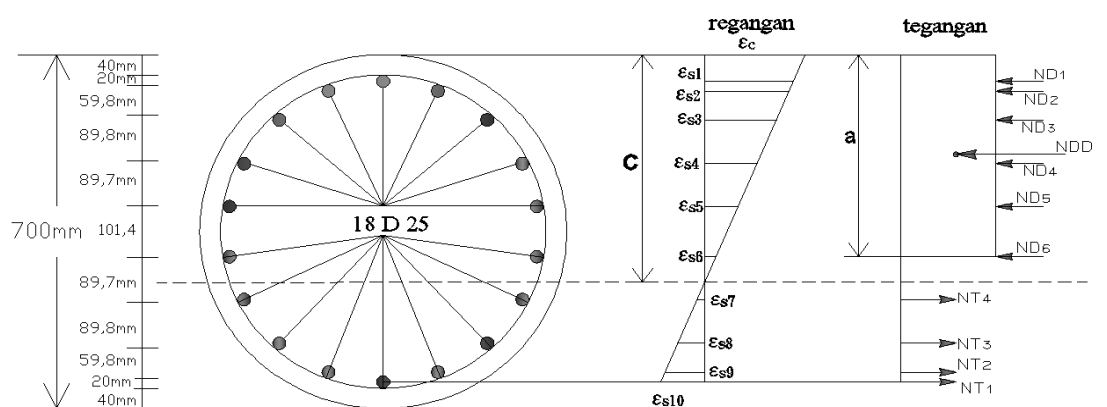
$$\theta P_{nb} = 0,65 \times 5147,166$$

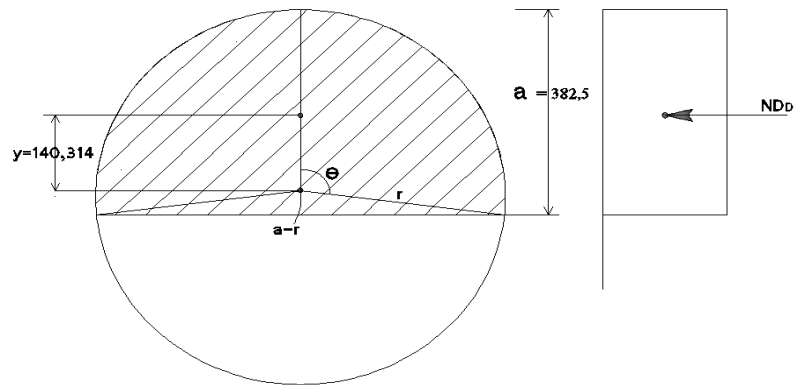
$$= 3345,658 \text{ KN}$$

▪ Kondisi Patah Desak ($C > C_b$)

Dipakai nilai $c = 200$

$$a = c \cdot \beta = 200 \times 0,85 = 170 \text{ mm}$$





Gambar 4.9 Diagram tegangan regangan

$$r \text{ (jari - jari) } = 1/2 \times d = 1/2 \times 600 = 300$$

$$\theta = \cos^{-1} \left[\frac{r-a}{r} \right]$$

$$= \cos^{-1} \left[\frac{300-255}{300} \right]$$

$$= 47,251^\circ$$

$$A_{\text{tembereng}} = D^2 \times \frac{\theta \left(\frac{\pi}{180} \right) - \sin \theta \times \cos \theta}{4}$$

$$= 600^2 \times \frac{74,251 \left(\frac{\pi}{180} \right) - \sin 74,251 \times \cos 74,251}{4}$$

$$= 116573,798 \text{ mm}^2$$

$$Y = \frac{D^3}{12 \times A_{\text{tembereng}}} = \frac{600^3}{12 \times 116573,798} = 154,409 \text{ mm}$$

$$ND_D = 0,85 \times f_c' \times A_{\text{tembereng}}$$

$$= 0,85 \times 30 \times 116573,798 \times 10^{-3}$$

$$= 2972,623 \text{ KN}$$

$$\epsilon_y = \frac{fy}{Es} = \frac{390}{200000} = 000195$$

$$\varepsilon_{s1} = \frac{cb - d}{cb} \cdot 0,003 = \frac{300-40}{300} \cdot 0,003 = 0,0026$$

$\varepsilon_{s1} > \text{dari } \varepsilon_y$; maka $f_s = f_y = 390 \text{ Mpa}$

$$\begin{aligned} \text{ND1} &= 981,256 \times 390 \times 10^{-3} \\ &= 382,68967 \text{ KN} \end{aligned}$$

$$\varepsilon_{s2} = \frac{300-60}{300} \cdot 0,003 = 0,002469$$

$\varepsilon_{s2} > \text{dari } \varepsilon_y$; maka $f_s = f_y = 390 \text{ Mpa}$

$$\begin{aligned} \text{ND2} &= 981,256 \times 390 \times 10^{-3} \\ &= 382,68967 \text{ KN} \end{aligned}$$

$$\varepsilon_{s3} = \frac{300 - 119,8}{300} \cdot 0,003 = 0,001802$$

$\varepsilon_{s2} > \text{dari } \varepsilon_y$; maka $f_s = f_y = 390 \text{ Mpa}$

$$\begin{aligned} \text{ND3} &= 981,256 \times 390 \times 10^{-3} \\ &= 382,68967 \text{ KN} \end{aligned}$$

$$\varepsilon_{s4} = \frac{300 - 209,6}{300} \cdot 0,003 = 0,000904 < \varepsilon_y, \text{ maka}$$

$$\begin{aligned} f_s &= 0,000904 \times E_s \text{ (modulus elastis baja tulangan) Mpa} \\ &= 0,000904 \times 2 \cdot 10^5 \\ &= 180,8 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ND4} &= 981,256 \times 180,8 \times 10^{-3} \\ &= 177,411 \text{ KN} \end{aligned}$$

$$\varepsilon_{s5} = \frac{300 - 299,3}{300} \cdot 0,003 = 0,000007 < \varepsilon_y, \text{ maka}$$

$$f_s = 0,000007 \times E_s \text{ (modulus elastis baja tulangan) Mpa}$$

$$= 0,000007 \times 2 \cdot 10^5$$

$$= 1,40 \text{ Mpa}$$

$$\text{NT6} = 981,256 \times 1,40 \times 10^{-3}$$

$$= 1,374 \text{ KN}$$

$$\varepsilon_{s6} = \frac{400,700 - 300}{300} \cdot 0,003 = 0,001007 < \varepsilon_y, \text{ maka}$$

$$f_s = 0,001007 \times E_s \text{ (modulus elastis baja tulangan) Mpa}$$

$$= 0,001007 \times 2 \cdot 10^5$$

$$= 201,400 \text{ Mpa}$$

$$\text{NT5} = 981,256 \times 201,400 \times 10^{-3}$$

$$= 197,625 \text{ KN}$$

$$\varepsilon_{s7} = \frac{389,700 - 300}{300} \cdot 0,003 = 0,000897 < \varepsilon_y, \text{ maka}$$

$$f_s = 0,000897 \times E_s \text{ (modulus elastis baja tulangan) Mpa}$$

$$= 0,000897 \times 2 \cdot 10^5$$

$$= 179,400 \text{ Mpa}$$

$$\text{NT4} = 981,256 \times 179,400 \times 10^{-3}$$

$$= 176,037 \text{ KN}$$

$$\varepsilon_{s8} = \frac{479,500 - 500}{300} \cdot 0,003 = 0,001795 < \varepsilon_y, \text{ maka}$$

$$f_s = 0,001795 \times E_s \text{ (modulus elastis baja tulangan) Mpa}$$

$$= 0,001795 \times 2 \cdot 10^5$$

$$= 359,000 \text{ Mpa}$$

$$\text{NT3} = 981,256 \times 359,000 \times 10^{-3}$$

$$= 352,271 \text{ KN}$$

$$\varepsilon_{s9} = \frac{539,300 - 300}{300} \cdot 0,003 = 0,002393 < \varepsilon_y, \text{ maka}$$

$$\begin{aligned} f_s &= 0,002393 \times E_s \text{ (modulus elastis baja tulangan) Mpa} \\ &= 0,002393 \times 2 \cdot 10^5 \\ &= 478,600 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} NT_2 &= 981,256 \times 478,600 \times 10^{-3} \\ &= 469,629 \text{ KN} \end{aligned}$$

$$\varepsilon_{s10} = \frac{549,300 - 300}{300} \cdot 0,003 = 0,002493 < \varepsilon_y, \text{ maka}$$

$$\varepsilon_{s10} = \varepsilon_y; \text{ maka } f_s = f_y = 390 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned} NT_1 &= 981,256 \times 390 \times 10^{-3} \\ &= 382,68967 \text{ KN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{nb} &= ND_D + ND_1 + ND_2 + ND_3 + ND_4 - NT_1 - NT_2 - NT_3 - NT_4 \\ &\quad - NT_5 - NT_6 \\ &= 2972,623 + 382,68967 + 382,68967 + 382,68967 + 177,411 + \\ &\quad 382,68967 - 469,629 - 352,271 - 176,037 - 197,625 - 1,374 \\ &= 1975,392 \text{ KN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \theta_{Pnb} &= 0,65 \times 1975,392 \\ &= 1284,005 \text{ KN} \end{aligned}$$

▪ **Kondisi Lentur Murni**

Pada kondisi ini

- Tulangan tarik mengalami leleh dan tulangan tekan belum mengalami leleh ($f_s = f_y$; $f_s' = f_s'$)

- Memasukan nilai c dengan cara coba – coba sampai:

$$P_n = 0 \text{ (} ND_D + ND_1 = NT \text{)}$$

$$\text{Dicoba } c = 164,5 \text{ mm}$$

$$a = c \cdot \beta = 164,5 \times 0,85 = 139,825$$

maka susunan tulangan sebagai berikut:

$$\text{tulangan tarik } A_s = 7 \text{ D } 19 = 1983,695 \text{ mm}^2$$

$$\text{tulangan tekan } A_s' = 5 \text{ D } 19 = 1416,925 \text{ mm}^2$$

$$A_s'1 = 2 \text{ D } 19 = 566,770 \text{ mm}^2$$

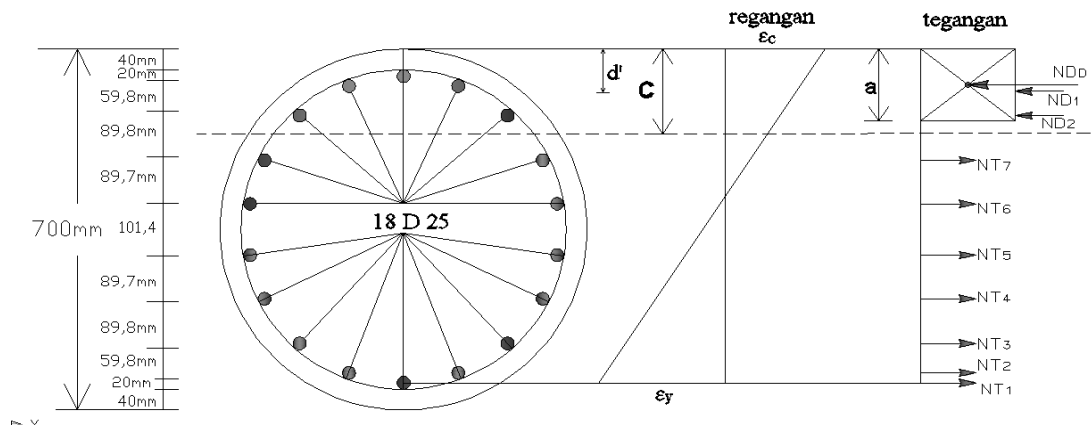
$$A_s'2 = 2 \text{ D } 19 = 566,770 \text{ mm}^2$$

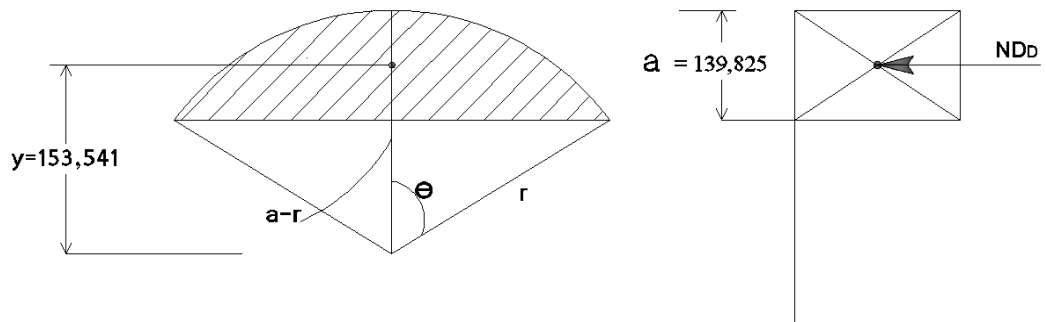
$$Y'1 = 40 \text{ mm}$$

$$Y'2 = 40 + 59,8 = 99,8 \text{ mm}$$

$$Z1 = d' = \frac{(566,700 \times 40) + (566,770 \times 99,8)}{1416,925}$$

$$= 55,920 \text{ mm}^2$$





Gambar 4.10 diagram tegangan regangan

$$r \text{ (jari - jari)} = 1/2 \times d = 1/2 \times 600 = 300$$

$$\theta = \cos^{-1} \left[\frac{r-a}{r} \right]$$

$$= \cos^{-1} \left[\frac{300 - 139,825}{300} \right]$$

$$= 42,4104^\circ$$

$$A_{\text{tembereng}} = D^2 \times \frac{\theta \left(\frac{\pi}{180} \right) - \sin \theta \times \cos \theta}{4}$$

$$= 600^2 \times \frac{42,4104 \left(\frac{\pi}{180} \right) - \sin 42,4104 \times \cos 42,4104}{4}$$

$$= 66584,33967 \text{ mm}^2$$

$$Y = \frac{D^3}{12 \times A_{\text{tembereng}}} = \frac{600^3}{12 \times 66584,33967} = 323,541 \text{ mm}$$

$$ND_D + ND_1 = N_T$$

$$ND_D = 0,85 \times f_c' \times A_{\text{tembereng}}$$

$$= 0,85 \times 30 \times 66584,34 \times 10^{-3}$$

$$= 1515,942 \text{ KN}$$

$$ND_1 = A_s' + f_s'$$

$$= [1416,925 \times \frac{(c-d')}{c} \times 600]. 10^{-3}$$

$$= [1416,925 \times \frac{(164,5 - 55,920)}{164,5} \times 600]. 10^{-3}$$

$$= 561,154 \text{ KN}$$

$$N_T = A_s \cdot f_s$$

$$= (1983,695 \times 390) \times 10^{-3}$$

$$= 773,641 \text{ KN}$$

$$ND_D + ND_1 = N_T$$

$$1515,942 + 561,154 - 773,641 = 1303,455$$

$$c = 164,500 \text{ mm}$$

$$\epsilon_y = \frac{fy}{E_s} = \frac{390}{200000} = 0,00195$$

$$ND_D = 0,85 \times f_c' \times A_{\text{tembereng}}$$

$$= 0,85 \times 30 \times 66584,34 \times 10^{-3}$$

$$= 1515,942 \text{ KN}$$

$$ND_1 = A_s' + f_s'$$

$$= [1416,925 \times \frac{(c-d')}{c} \times 600]. 10^{-3}$$

$$= [1416,925 \times \frac{(164,5 - 42,4104)}{164,5} \times 600]. 10^{-3}$$

$$= 630,973 \text{ KN}$$

$$ND_2 = A_s' + f_s'$$

$$= [1416,925 \times \frac{(c-d')}{c} \times 600]. 10^{-3}$$

$$= [1416,925 \times \frac{(164,5 - 42,4104)}{164,5} \times 600] \cdot 10^{-3}$$

$$= 630,973 \text{ KN}$$

$$NT_1 = As1 \cdot fs$$

$$= 566,770 \times 390 \times 10^{-3}$$

$$= 528,679 \text{ KN}$$

$$NT_2 = As2 \cdot fs$$

$$= 566,770 \times 390 \times 10^{-3}$$

$$= 528,679 \text{ KN}$$

$$NT_3 = As2 \cdot fs$$

$$= 566,770 \times 390 \times 10^{-3}$$

$$= 528,679 \text{ KN}$$

$$NT_4 = As2 \cdot fs$$

$$= 566,770 \times 390 \times 10^{-3}$$

$$= 528,679 \text{ KN}$$

$$NT_5 = As2 \cdot fs$$

$$= 566,770 \times 390 \times 10^{-3}$$

$$= 528,679 \text{ KN}$$

$$P_n = ND_D + ND_1 + ND_2 + NT_1 - NT_2 - NT_3 - NT_4 - NT_5$$

$$= 1515,942 + 630,973 + 630,973 - 528,679 - 528,679 - 528,679 - 528,679$$

$$= 134,494 \text{ KN}$$

$$\emptyset P_n = 0,85 \times 134,494$$

$$= 87,421 \text{ KN}$$

$$ZD_D = c - (r - y) = 164,50 - (300 - 323,541) = 1888,041 \text{ mm}$$

$$ZD_1 = c - z_1 = 164,50 - 55,920 = 108,58 \text{ mm}$$

$$ZD_2 = c - z_2 = 164,50 - 40 = 124,50 \text{ mm}$$

$$ZT_1 = Z_3 - c = 600 - 164,50 = 495,50 \text{ mm}$$

$$ZT_2 = Z_4 - c = 460 - 164,50 = 475,50 \text{ mm}$$

$$ZT_3 = Z_5 - c = 580,2 - 164,50 = 415,70 \text{ mm}$$

$$ZT_4 = Z_6 - c = 490,4 - 164,50 = 325,90 \text{ mm}$$

$$ZT_5 = Z_7 - c = 400,7 - 164,50 = 236,20 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} M_n &= (N_{D_D} \cdot ZD_D) + (N_{D1} \cdot ZD_1) + (N_{D2} \cdot ZD_2) + (N_{T1} \cdot ZT_1) + \\ &\quad (N_{T2} \cdot ZD_2) + (N_{T3} \cdot ZT_3) + (N_{T4} \cdot ZT_4) + (N_{T5} \cdot ZT_5) \\ &\quad \{ (1515,942 \times 188,041) + (630,973 \times 108,58) + (528,678 \times \\ &\quad 124,500) + (528,679 \times 415,700) + (528,679 \times 325,900) + (528,679 \\ &\quad \times 236,200) + (528,679 \times 134,800) + (528,679 \times 45,10) \} 10^{-3} \\ &= 1291,231 \text{ KNm} \end{aligned}$$

$$\phi M_n = 0,65 \times 1291,231$$

$$= 839,300 \text{ KNm}$$

Berdasarkan perhitungan diagram interaksi kolom dengan tulangan 18 D 25 dan 20 25 ($\rho = 3,0\%$) ditebalkan.

Kontrol joint

$$M_{n, k} = \frac{1291 \times 10^6}{0,65} = 1986508452,6 \text{ Nmm}$$

$$M_{n, k} = \frac{1291 \times 10^6}{0,65} = 815846153,8 \text{ Nmm}$$

$$M_{n, b \ 3804} = 252234476,95 \text{ Nmm}$$

$$\Sigma Me > \frac{6}{5} \Sigma Mg$$

$$(1986508452,6 + 815846154 > 6/5 (252234477,0 + 1581220000))$$

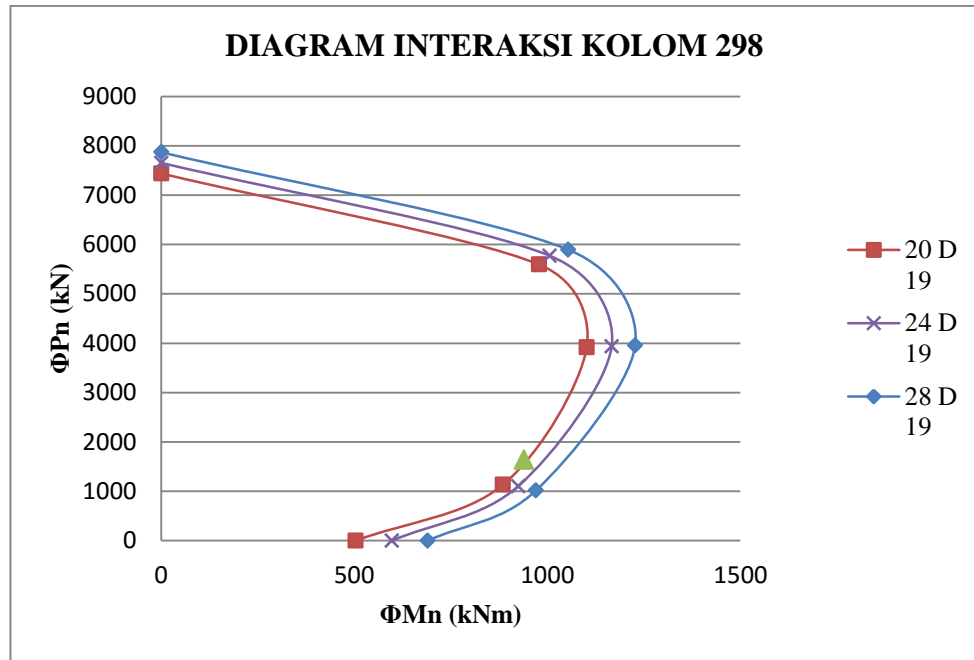
$$2802354606,5 \text{ Nmm} > 22000145372 \text{ Nmm} \dots\dots\dots(\text{Ok})$$

Tabel 4.1 diagram interaksi kolom N0 124

KONDISI	20 D 19		24 D 19		28 D 19	
	θ Mn(KNm)	θ Mn(KNm)	θ Mn(KNm)	θ Mn(KNm)	θ Mn(KNm)	θ Mn(KNm)
SENTRIS	0	5759,983	0	5957,583328	0	7657,5426
PATAH DESAK	1399,272	5776,417	1186,994	5174,918306	1263,044575	5338,9461
BALANCE	945,377	3345,658	1279,322	4496,05434	1405,147445	4657,6739
PATAH TARIK	840,345	1284,005	1130,372	1785,297215	1259,688365	1904,2873
LENTUR	839,300	0	938,202	0	1060,782723	0

Pu (KN)	3988,690
Mc (KNm)	311,228

θ Pn (KN)	3988,690
θ Mn (KNm)	478,8115



Gambar 4.11 Grafik diagram interaksi kolom

4.2.2 Perhitungan Penulangan Geser Kolom

- Penulangan geser kolom

Diketahui: $D = 600 \text{ mm}$ $f_c' = 30 \text{ Mpa}$
 $d = 560$ $f_y = 390 \text{ Mpa}$
 tinggi bersih = 3900
 tulangan spiral = $\varnothing 10 \text{ mm}$

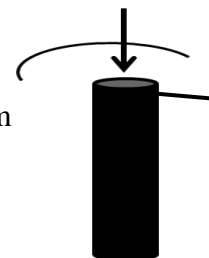
dari perhitungan penulangan kolom didapat $N_u = 3988688 \text{ N}$

$N_{u, k} = 3988688 \text{ N}$

$M_{u, k} = 327,949 \text{ KNm}$ $M_u = 327,949 \text{ KNm}$

$M_{pr, k} = 1,25 \times 327,949$
 $= 409,936 \text{ KNm}$

$M_{pr}^-, b = 2934409408,163 \text{ Nmm}$



$$M_{pr}^{+,b} = 315293096,191 \text{ Nmm}$$

$$V_e = \frac{2 \times M_{pr,k}}{l_n}$$

$$= \frac{2 \times 409,936}{3,9} = 210,224 \text{ KN}$$

Dengan menggunakan momen lentur diatas dan dibawah kolom sama,
maka gaya geser berdasarakan M_{pr}^{-} dan M_{pr}^{+} balok – balok yang bertemu
di HBK.

$$V_u = \frac{M_{pr}^{-,b} + M_{pr}^{+,b}}{l_n}$$

$$= \frac{293440908,163 + 315293096,191}{3900}$$

$$= 156,087 \text{ KN} < v_e = 210,224 \text{ KN}$$

- **Tulangan geser didalam daerah sendi plastis**

$v_c = 0$ apabila memenuhi ketentuan pada SNI- 2847-2013 pasal 21.6.4.1)

dari muka yang ditinjau,diman panjang l_o tidak boleh kurang dari:

$$\frac{1}{6} \cdot l_n = \frac{1}{6} \times 3900$$

$$= 650 \text{ mm}$$

$$\text{Tinggi penampang kolom} = 600 \text{ mm}$$

$$500 \text{ mm}$$

Maka diambil nilai yang terbesar $l_o = 600 \text{ mm}$

Jadi daerah berpotensi terjadi sendi plastis sejauh 700 mm dari muka
kolom.

Persyaratan spasi maksimum pada daerah gempa (SNI – 2847 – 2013 pasal 21.6.4.3), spasi maksimum tidak boleh melebihi:

$$\frac{1}{4} \times D = \frac{1}{4} \times 600 = 150 \text{ mm}$$

$$6 \times \text{diameter terkecil komponen struktur} = 6 \times 19 = 114 \text{ mm}$$

$$100 \text{ mm} < S_x < 150 \text{ mm}$$

Dengan asumsi $s = 100 \text{ mm}$, maka

dipasang tulangan spiral $\varnothing 10 \text{ mm}$

$$A_s = \frac{1}{4} \times 3,14 \times 10^2$$

$$= 78,5 \text{ mm}^2$$

Merencanakan penulangan spiral

$$\rho_s = 0,12 \times \frac{f_{c'}}{f_y} \longrightarrow (\text{SNI} - 2847-2013)$$

$$\rho_s = 0,45 \left\{ \frac{A_g}{A_c} - 1 \right\} \times \frac{f_{c'}}{f_y}$$

digunakan spiral $\varnothing 10$ dengan $f_{sy} = 390 \text{ Mpa}$ tebal bersih selimut $d_c \text{ mm}$,

maka:

$$d_c = h - 2d_c = 600 - 2 \times 40 = 520 \text{ mm}$$

$$a_c = \frac{1}{4} \times \pi \times (520)^2 = 212264 \text{ mm}^2$$

$$a_g = \frac{1}{4} \times \pi \times (600)^2 = 282600 \text{ mm}^2$$

$$\rho_s = 0,12 \times \frac{f_{c'}}{f_y}$$

$$\rho_s = 0,12 \times \frac{30}{390} = 0,009231$$

$$\rho_s = 0,45 \left\{ \frac{A_g}{A_c} - 1 \right\} \times \frac{f_{c'}}{f_y}$$

$$\rho_s = 0,45 \left\{ \frac{282600}{212264} - 1 \right\} \times \frac{30}{390} = 0,01147$$

maka diambil nilai yang terkecil = 0,009231

sedangkan spasi spiral adalah

$$S = \frac{4 \times A_s \times (D_c - d_s)}{D_c^2 \times \rho_s}$$

$$= \frac{4 \times 78,5 \times (520 - 10)}{(520)^2 \times 0,0092}$$

$$= 96,238 \text{ mm}$$

Digunakan spiral Ø 10 dengan jarak spasi 75 mm

$$V_s = \frac{A_s \times f_y \times d}{s} = \frac{78,50 \times 390 \times 560}{75} = 228592 \text{ N}$$

Jadi dipasang tulangan Ø 12 – 75 mm

$$V_s \leq \left(\frac{2}{3} \right) \sqrt{f_c \times D \times d}$$

$$V_s \leq \left(\frac{2}{3} \right) \sqrt{30 \times 600 \times 560}$$

$$228592 \text{ N} < 686985,477 \text{ N} \dots\dots\dots(\text{OK})$$

Maka:

$$\Phi (V_s + V_c) = 0,75 (228592 + 758450,3)$$

$$= 740281,743 \text{ N} > v_u = 156085,6 \text{ N} \dots(\text{OK})$$

- **Tulangan geser diluar daerah sendi plastis**

Persyaratan spasi maksimum untuk daerah luar sendi plastis menurut SNI

– 03 – 2847 – 2013 pasal 21.6.4.5, spasi mkasimum tidak boleh melebihi

$$\text{✚ } 6 \times \text{diameter tulangan utama} = 6 \times 19 = 114 \text{ mm}$$

$$\text{✚ } 150 \text{ mm}$$

$$\frac{156,086}{1650} = \frac{Vu}{1650-600}$$

$$150 \times Vu = 156,086 \times (1650 - 600)$$

$$Vu = 182880,4 \text{ N}$$

$$Vc = 1 + \left(\frac{Nu}{14 \times Ag} \right) + \left(\frac{\sqrt{fc'}}{6} \right) \times 600 \times 560 \times 10^{-3}$$

$$Vc = 1 + \left(\frac{3988688,02}{14 \times 282600} \right) + \left(\frac{\sqrt{30}}{6} \right) \times 600 \times 560 \times 10^{-3}$$

$$= 758,450 \text{ KN}$$

Dipakai spiral Ø 12 mm dengan spasi 114 mm

$$Vs = \frac{As \times fy \times d}{s} = \frac{78,50 \times 390 \times 560}{114} = 150389,47 \text{ N}$$

Kontrol kuat geser nominal menurut SNI – 2847 – 2013

$$Vs \leq \left(\frac{2}{3} \times \sqrt{fc'} \times D \times d \right)$$

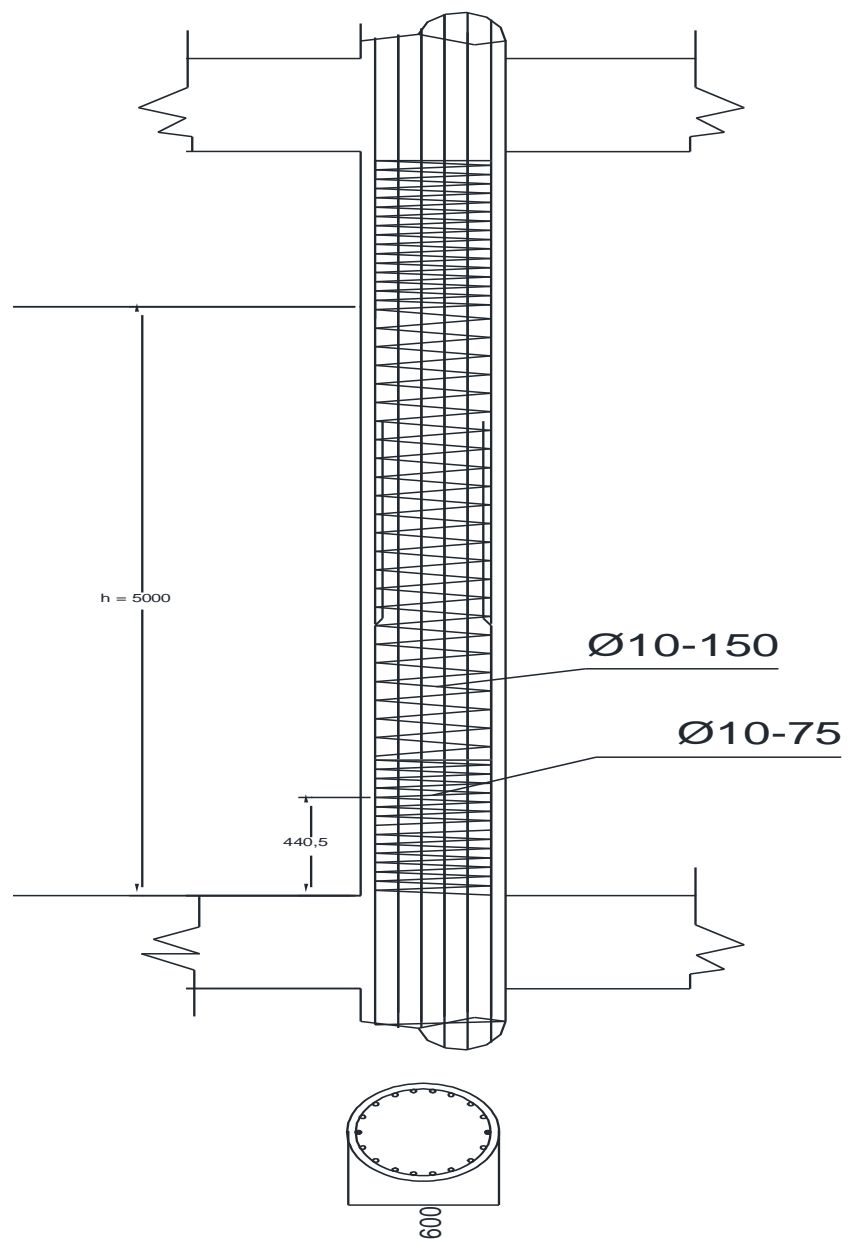
$$Vs \leq \left(\frac{2}{3} \times \sqrt{30} \times 600 \times 560 \right)$$

$$150389,47 \text{ N} < 686985,477 \text{ N}$$

Maka:

$$\Phi (Vs + Vc) = 0,75 (150389,47 + 758450,3)$$

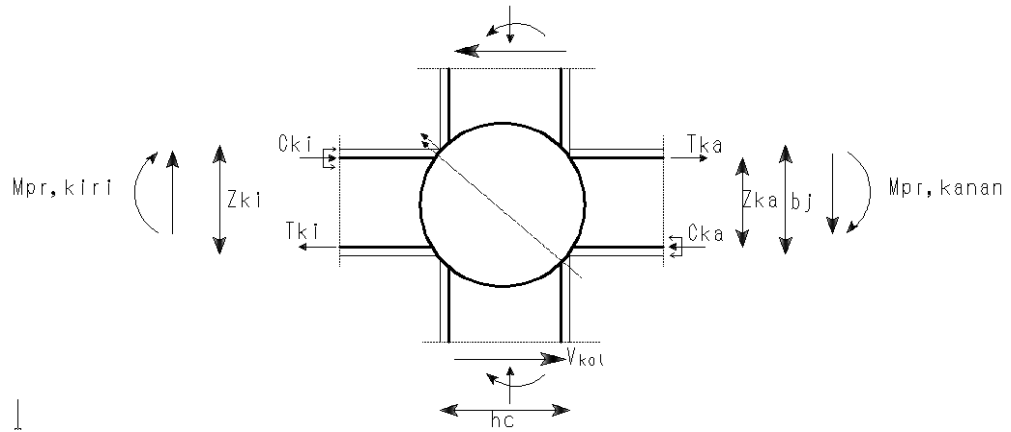
$$= 681629,848 \text{ N} > V = 182880,4 \text{ N} \dots\dots\dots(\text{OK})$$



Gambar 4.12 penulangan geser kolom

4.2.3 Perhitungan Penulangan Balok – Kolom

Balok Kolom Portal Line Melintang Line 2



Gambar 4.13 pertemuan balok kolom

Data perencanaan:

$$f_c' = 30 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 390 \text{ Mpa}$$

$$M_{pr, b \text{ kanan}} = 293440908,163 \text{ Nmm}$$

$$M_{pr, b \text{ kiri}} = 315293096 \text{ Nmm}$$

$$h_n, a = 6000 - 600 = 5400$$

$$h_n, b = 6000 - 600 = 5400$$

tulangan yang terpasang pada balok:

$$\text{balok kiri} = 4 \text{ D } 16$$

$$\text{balok kanan} = 4 \text{ D } 16$$

pemeriksaan kuaht geser nominal pada join:

$$A_{s1} = 4 \times 0,25 \times 3,14 \times 16^2 = 803,84 \text{ mm}^2$$

$$A_{s2} = 4 \times 0,25 \times 3,14 \times 16^2 = 803,84 \text{ mm}^2$$

$$T = A_s \times 1,25 \times f_y$$

$$T_1 = 803,84 \times 1,25 \times 390 = 391872 \text{ N}$$

$$T_2 = 803,84 \times 1,25 \times 390 = 391872 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} M_u &= \frac{M_{pr,b \text{ Kanan}} + M_{pr,b \text{ kiri}}}{2} \\ &= \frac{293440908,16 + 315293096,191}{2} = 304367002,2 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$V_h = \frac{2 \times M_u}{h_n / 2} = \frac{2 \times 304367002,2}{\left(\frac{5400}{2}\right) + \left(\frac{5400}{2}\right)} = 112728,519 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} V_{jh} &= T_1 + T_2 - V_h \\ &= 391872 + 391872 - 112728,519 = 67101,481 \text{ N} \end{aligned}$$

Kuat geser nominal HBK yang tertekang pada sisi – sisinya maka berlaku:

$$V_n = \frac{V_{j,h}}{\frac{\pi}{4} D^2} < 1,7 \sqrt{f'c'}$$

$$D = 600 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} V_n &= \frac{726191,547}{\frac{\pi}{4} 600^2} < 1,7 \sqrt{30} \\ &= 3,512 \text{ N/mm}^2 < 9,311 \end{aligned}$$

- Penulangan geser horizontal

$$N_u = 3988688 \text{ N}$$

$$\frac{N_u}{2} = \frac{3988688}{384650} = 6,5 \text{ Nmm}^2$$

$$= 6,5 \text{ Nmm}^2 > 0,1 f'c' = 0,1 \times 30 = 3 \text{ Nmm}^2$$

Jadi $V_{c,h}$ dihitung menurut persamaa:

$$V_{c,h} = \frac{2}{3} \sqrt{\left(\frac{N_{u,k}}{A_g} - 0,1 \times f'c' \right)} \times \frac{\pi}{4} D^2$$

$$= \frac{2}{3} \sqrt{\left(\frac{1090000}{384650} - 0,1 \times 30 \right) \times \frac{3,14}{4} 600^2}$$

$$= 868427,441$$

$$V_{s,h} + V_{c,h} = V_{j,h}$$

$$V_{s,h} = V_{c,h} - V_{j,h}$$

$$= 868427,441 - 671015,481$$

$$= 197411,960 \text{ N}$$

$$V_{j,h} = \frac{V_{s,h}}{fy} = \frac{197411,960}{390} = 506,185 \text{ mm}^2$$

Digunakan spiral Ø 10 mm, $A_s \text{ ada} = 78,5 \text{ mm}^2$

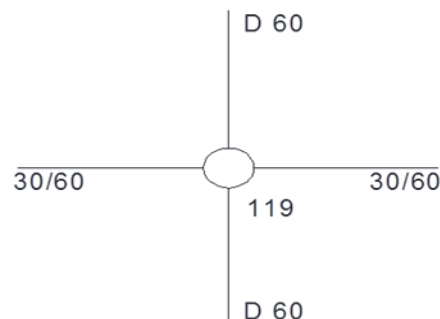
$$\text{Maka jumlah lapisan sengkang} = \frac{A_{j,h}}{A_s \text{ ada}}$$

$$= \frac{506,185}{78,5}$$

$$= 6,2997 \longrightarrow 7 \text{ lapis}$$

4.3 Perhitungan Penulangan Tulanga

- Perhitungan pendetailan join 119



Gambar 4.14 pertemuan balok kolom di join

- Pendetailan Tulangan Tarik Tumpuan Tarik (Atas)

Sesuai dengan perhitungan lentur balok no. 292 untuk tulanga tarik tumpuan di dapat 5 D 19 diletakan dalam 1 lapis.

Untuk pemberhatikan tulangan tumpuan tarik ke dalam balok adalah sejauh $1/4 L_n = 1/4 \times 5600 = 1400$ mm dari muka kolom

Ditambah dengan penjangkaran yang diperlukan untuk penjangkaran sejauh $10 \times d_b =$

$$10 \times 19 = 190 \text{ mm}$$

$$D = 440,5 \text{ mm}$$

$$1/16 \times 5600 = 350 \text{ mm}$$

$$\text{Dipakai perpanjangan} = 440,5 \text{ mm}$$

$$\text{Total panjang yang diperlukan} = 1400 + 440,5 = 1840,5 \text{ mm}$$

- Batang tulangan baja paling atas dengan elevasi antara tulangan tersebut dengan lapisan beton terbawah tidak kurang dari 300 mm

$$500 - 40 - 10 (0,5 \times 19) = 440,5 \text{ mm} > 300 \text{ mm}$$

- L_d yang dibutuhkan adalah:

$$L_{db} = \frac{0,02 \times A_s \times f_y}{\sqrt{f_c'}} = \frac{0,02 \times (0,25 \times \pi \times 19^2) \times 300}{\sqrt{30}}$$

$$= 403,56 \text{ mm}$$

$$L_{db} = 0,06 \times 19 \times 390 = 444,6 \text{ mm}$$

$$\text{Dipakai } L_{db} = 444,6 \text{ mm}$$

Dipakai faktor 1,4

Maka $L_d = 444,6 \times 1,4 = 622,44$ mm ditambah perpanjangan 440,5 mm

$$L_d = 622,44 + 440,5 = 1062,94 \text{ mm} < 1840,5 \text{ mm}$$

Jadi dipakai panjang penyaluran $L_d = 2000$ mm

- Penjangkaran masuk ke dalam kolom
- Pendetailan tulanga tumpuan tekan balok (SNI – 03 – 2847 – 2013)

Untuk tumpuan tekan, panjang penyaluran yang masuk ke dalam kolom adalah:

$$L_{db} = \frac{db \times fy}{4 \sqrt{fc'}} = \frac{19 \times 390}{4 \sqrt{30}} = 338,219 \text{ mm}$$

$$\text{Faktor modifikasi, } \frac{fy}{400} = \frac{390}{400} = 0,975$$

$$L_{dh} = 400 \times 0,975 = 390 \text{ mm}$$

$$\text{Dipakai } L_{dh} = 390 \text{ mm}$$

$$\text{Tidak kurang dari, } 8 \times db = 8 \times 19 = 152 \text{ mm atau } 150 \text{ mm}$$

$$L_{dh} = 390 \text{ mm} > 8 \times db = 150 \text{ mm}$$

Dipilih pembengkonkan 90° dengan panjang setelah pembengkonkan = 10

$$\times db = 10 \times 19 = 228 \text{ mm} \sim 200 \text{ mm}$$

- Pemutusan tulanga lapangan tarik

Untuk pemberhatian tulangan lapangan tarik adalah sejauh $1/5 L_n =$

$$1/5 \times 5600 = 1120 \text{ mm dari muka kolom}$$

- Pendetailan sambungan kolom (SNI – 03 – 2847 – 2013)

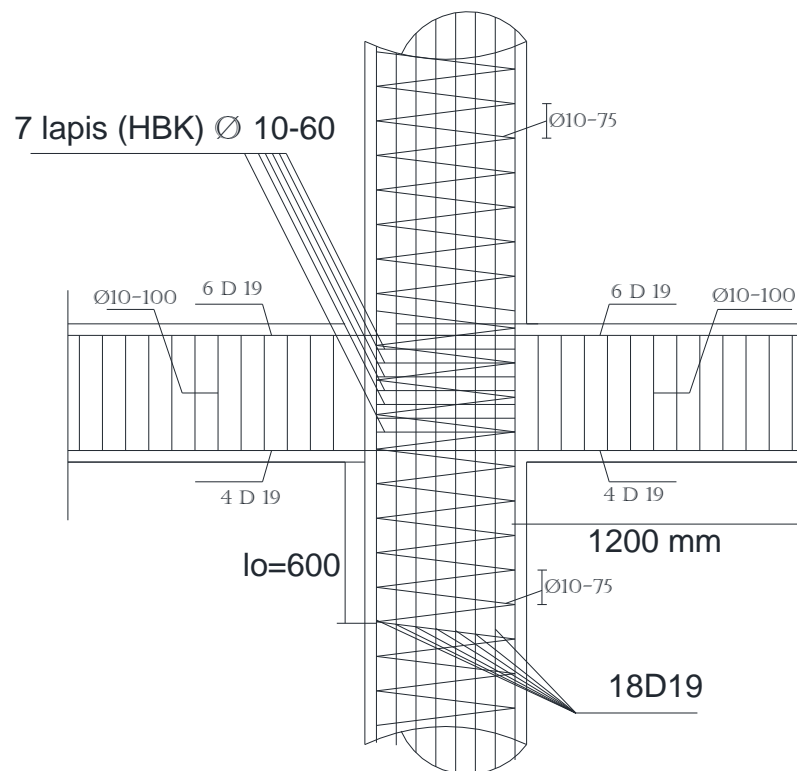
Dengan penerapang rumus untuk perhitungan momen ujung kolom yang memberikan faktor pembesaran dinamis, maka salah satu keuntungan

adalah penyambungan utama kolom dapat dilakukan segera diatas lantai berikutnya dan tidak perlu lagi ditengah – tengah kolom.

Untuk nilai $f_y \leq 390 \text{ Mpa}$

$L_d = 0,06 \times d_b \times f_y = 0,06 \times 19 \times 390 = 600,6 \text{ mm}$

Dipakai $L_d = 600 \text{ mm}$



Gambar 4.15 Pendetailan 119

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Perencanaan gedung kantor pusat stikes kepanjeng malang menggunakan kolom bulat pada struktur portal tahan gempa dengan konsep Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK), mutu beton yang digunakan $f_c' = 30$ Mpa, mutu baja ulir $f_y = 400$ Mpa, mutu baja polos = 240 Mpa, untuk perhitungan analisa struktur menggunakan program STAAD PRO. Dari perencanaan pada laporan skripsi ini dengan hasil diantaranya adalah sebagai berikut:

❖ Balok



Dimensi balok 30/60



Tulangan tumpuan kiri : atas 4 D 19, bawah 3 D 19



Tulangan lapangan : atas 3 D 19, bawah 4 D 19



Tulangan tumpuan kanan : atas 3 D 19, bawah 4 D 19



Tulangan geser

Join kiri

Daerah sendi plastis : Ø 10 – 100 (2 kali)

Daerah luar sendi plastis : Ø 10 – 250 (2 kali)

Join kanan

Daerah sendi plastis : Ø 10 – 100 (2 kali)

Daerah luar sendi plastis : Ø 10 – 250 (2 kali)

❖ Kolom

Kolom pada portal ini direncanakan menggunakan kolom bulat dengan dimensi 60 dengan jumlah tulangan 10 D 19, dengan spesifikasi tulangan geser:

Derah sendi plastis : Ø 12 – 75 (4 kali)

Derah luar sendi plasti : Ø 12 – 150 (4 kali)

❖ Hubungan Balok Kolom

Pada hubungan balok kolom dipasang pengekang horizontal 4 Ø 16 (4 kaki)

dan untuk pengekang vertikal menggunakan tulangan longitudinal kolom.

❖ Dari hasil perhitungan diatas dapat disimpulkan struktur yang didesain diharapkan mampu menahan gaya gempa dan tidak mengalami kerusakan pada waktu menahan gaya gempa dengan kekuatan kecil., sedang dan tidak mengalami kerusakan fatal akibat gempa kuat.

5.2 Saran

Dengan kemajuan teknologi saat ini, perencanaan struktur gedung portal 3D, kita dapat menggunakan fasilitas Program Staad Pro yang mampu menghasilkan penulangan dan hasil output secara langsung, tetapi tetap memperhatikan peraturan – peraturan yang ada akan lebih efisien dan dapat menghemat biaya pelaksanaan pekerjaan.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standardisasi Nasional. *"Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung"*. SNI 03 – 2847 – 2013
- Badan Standardisasi Nasional. *"Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung "*. SNI 03 – 1726 – 2012“ .
- Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan, 1983, *Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung*, Stensil, Bandung
- Departemen Pekerjaan Umum. *"Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1983"*. Yayasan LPMB Bandung.
- Dipohusodo, Istimawan. 1994, *Struktur Beton Bertulang*, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Edward G. Nawy, P.E., Dr, 1998, *Beton Bertulang*, PT. Refika Aditama, Bandung
- Kusuma Gideon, 1993, *Dasar-dasar Perencanaan Beton Bertulang Berdasarkan SK- SNI T-1991-03*, Erlangga, Jakarta
- Purwono. Rachmat, *"Perencanaan Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa"* Edisi Pertama. 2005. ITS, Surabaya.

LAMPPIRAN

STAAD SPACE
START JOB INFORMATION
ENGINEER DATE 02-Jun-17
END JOB INFORMATION
INPUT WIDTH 79
UNIT METER KN

JOINT COORDINATES

1 0 0 0; 2 25 0 0; 3 5 0 0; 4 10 0 0; 5 15 0 0; 6 20 0 0; 7 0 0 4.5;
8 25 0 4.5; 9 5 0 4.5; 10 10 0 4.5; 11 15 0 4.5; 12 20 0 4.5; 13 0 0 7.5;
14 25 0 7.5; 15 5 0 7.5; 16 10 0 7.5; 17 15 0 7.5; 18 20 0 7.5; 19 0 0 12;
20 25 0 12; 21 5 0 12; 22 10 0 12; 23 15 0 12; 24 20 0 12; 27 5 0 16;
28 10 0 16; 29 15 0 16; 30 20 0 16; 31 0 5 0; 32 25 5 0; 33 5 5 0; 34 10 5 0;
35 15 5 0; 36 20 5 0; 37 0 5 4.5; 38 25 5 4.5; 39 5 5 4.5; 40 10 5 4.5;
41 15 5 4.5; 42 20 5 4.5; 43 0 5 7.5; 44 25 5 7.5; 45 5 5 7.5; 46 10 5 7.5;
47 15 5 7.5; 48 20 5 7.5; 49 0 5 12; 50 25 5 12; 51 5 5 12; 52 10 5 12;
53 15 5 12; 54 20 5 12; 55 5 5 16; 56 10 5 16; 57 15 5 16; 58 20 5 16;
59 0 9.5 0; 60 25 9.5 0; 61 5 9.5 0; 62 10 9.5 0; 63 15 9.5 0; 64 20 9.5 0;
65 0 9.5 4.5; 66 25 9.5 4.5; 67 5 9.5 4.5; 68 10 9.5 4.5; 69 15 9.5 4.5;
70 20 9.5 4.5; 71 0 9.5 7.5; 72 25 9.5 7.5; 73 5 9.5 7.5; 74 10 9.5 7.5;
75 15 9.5 7.5; 76 20 9.5 7.5; 77 0 9.5 12; 78 25 9.5 12; 79 5 9.5 12;
80 10 9.5 12; 81 15 9.5 12; 82 20 9.5 12; 83 0 14 0; 84 25 14 0; 85 5 14 0;
86 10 14 0; 87 15 14 0; 88 20 14 0; 89 0 14 4.5; 90 25 14 4.5; 91 5 14 4.5;
92 10 14 4.5; 93 15 14 4.5; 94 20 14 4.5; 95 0 14 7.5; 96 25 14 7.5;
97 5 14 7.5; 98 10 14 7.5; 99 15 14 7.5; 100 20 14 7.5; 101 0 14 12;
102 25 14 12; 103 5 14 12; 104 10 14 12; 105 15 14 12; 106 20 14 12;
107 0 18.5 0; 108 25 18.5 0; 109 5 18.5 0; 110 10 18.5 0; 111 15 18.5 0;
112 20 18.5 0; 113 0 18.5 4.5; 114 25 18.5 4.5; 115 5 18.5 4.5;
116 10 18.5 4.5; 117 15 18.5 4.5; 118 20 18.5 4.5; 119 0 18.5 7.5;
120 25 18.5 7.5; 121 5 18.5 7.5; 122 10 18.5 7.5; 123 15 18.5 7.5;
124 20 18.5 7.5; 125 0 18.5 12; 126 25 18.5 12; 127 5 18.5 12; 128 10 18.5 12;
129 15 18.5 12; 130 20 18.5 12; 131 0 23 0; 132 25 23 0; 133 5 23 0;
134 10 23 0; 135 15 23 0; 136 20 23 0; 137 0 23 4.5; 138 25 23 4.5;
139 5 23 4.5; 140 10 23 4.5; 141 15 23 4.5; 142 20 23 4.5; 143 0 23 7.5;
144 25 23 7.5; 145 5 23 7.5; 146 10 23 7.5; 147 15 23 7.5; 148 20 23 7.5;
149 0 23 12; 150 25 23 12; 151 5 23 12; 152 10 23 12; 153 15 23 12;
154 20 23 12; 155 0 27.5 0; 156 25 27.5 0; 157 5 27.5 0; 158 10 27.5 0;
159 15 27.5 0; 160 20 27.5 0; 161 0 27.5 4.5; 162 25 27.5 4.5; 163 5 27.5 4.5;
164 10 27.5 4.5; 165 15 27.5 4.5; 166 20 27.5 4.5; 167 0 27.5 7.5;
168 25 27.5 7.5; 169 5 27.5 7.5; 170 10 27.5 7.5; 171 15 27.5 7.5;
172 20 27.5 7.5; 173 0 27.5 12; 174 25 27.5 12; 175 5 27.5 12; 176 10 27.5 12;
177 15 27.5 12; 178 20 27.5 12; 179 0 32 0; 180 25 32 0; 181 5 32 0;
182 10 32 0; 183 15 32 0; 184 20 32 0; 185 0 32 4.5; 186 25 32 4.5;
187 5 32 4.5; 188 10 32 4.5; 189 15 32 4.5; 190 20 32 4.5; 191 0 32 7.5;
192 25 32 7.5; 193 5 32 7.5; 194 10 32 7.5; 195 15 32 7.5; 196 20 32 7.5;
197 0 32 12; 198 25 32 12; 199 5 32 12; 200 10 32 12; 201 15 32 12;
202 20 32 12; 203 0 5 1.125; 204 0.833333 5 1.125; 205 0.833333 5 0;
206 0 5 2.25; 207 0.833333 5 2.25; 208 0 5 3.375; 209 0.833333 5 3.375;
210 0.833333 5 4.5; 211 1.66667 5 1.125; 212 1.66667 5 0; 213 1.66667 5 2.25;
214 1.66667 5 3.375; 215 1.66667 5 4.5; 216 2.5 5 1.125; 217 2.5 5 0;
218 2.5 5 2.25; 219 2.5 5 3.375; 220 2.5 5 4.5; 221 3.33333 5 1.125;
222 3.33333 5 0; 223 3.33333 5 2.25; 224 3.33333 5 3.375; 225 3.33333 5 4.5;
226 4.16667 5 1.125; 227 4.16667 5 0; 228 4.16667 5 2.25; 229 4.16667 5 3.375;
230 4.16667 5 4.5; 231 5 5 1.125; 232 5 5 2.25; 233 5 5 3.375; 234 0 5 5.25;
235 0.833333 5 5.25; 236 0 5 6; 237 0.833333 5 6; 238 0 5 6.75;
239 0.833333 5 6.75; 240 0.833333 5 7.5; 241 1.66667 5 5.25; 242 1.66667 5 6;
243 1.66667 5 6.75; 244 1.66667 5 7.5; 245 2.5 5 5.25; 246 2.5 5 6;
247 2.5 5 6.75; 248 2.5 5 7.5; 249 3.33333 5 5.25; 250 3.33333 5 6;
251 3.33333 5 6.75; 252 3.33333 5 7.5; 253 4.16667 5 5.25; 254 4.16667 5 6;
255 4.16667 5 6.75; 256 4.16667 5 7.5; 257 5 5 5.25; 258 5 5 6; 259 5 5 6.75;
260 0 5 8.625; 261 0.833333 5 8.625; 262 0 5 9.75; 263 0.833333 5 9.75;
264 0 5 10.875; 265 0.833333 5 10.875; 266 0.833333 5 12; 267 1.66667 5 8.625;
268 1.66667 5 9.75; 269 1.66667 5 10.875; 270 1.66667 5 12; 271 2.5 5 8.625;
272 2.5 5 9.75; 273 2.5 5 10.875; 274 2.5 5 12; 275 3.33333 5 8.625;
276 3.33333 5 9.75; 277 3.33333 5 10.875; 278 3.33333 5 12;
279 4.16667 5 8.625; 280 4.16667 5 9.75; 281 4.16667 5 10.875;
282 4.16667 5 12; 283 5 5 8.625; 284 5 5 9.75; 285 5 5 10.875;
286 5.83333 5 1.125; 287 5.83333 5 0; 288 5.83333 5 2.25; 289 5.83333 5 3.375;
290 5.83333 5 4.5; 291 6.66667 5 1.125; 292 6.66667 5 0; 293 6.66667 5 2.25;
294 6.66667 5 3.375; 295 6.66667 5 4.5; 296 7.5 5 1.125; 297 7.5 5 0;
298 7.5 5 2.25; 299 7.5 5 3.375; 300 7.5 5 4.5; 301 8.33333 5 1.125;
302 8.33333 5 0; 303 8.33333 5 2.25; 304 8.33333 5 3.375; 305 8.33333 5 4.5;
306 9.16667 5 1.125; 307 9.16667 5 0; 308 9.16667 5 2.25; 309 9.16667 5 3.375;
310 9.16667 5 4.5; 311 10 5 1.125; 312 10 5 2.25; 313 10 5 3.375;
314 5.83333 5 5.25; 315 5.83333 5 6; 316 5.83333 5 6.75; 317 5.83333 5 7.5;
318 6.66667 5 5.25; 319 6.66667 5 6; 320 6.66667 5 6.75; 321 6.66667 5 7.5;
322 7.5 5 5.25; 323 7.5 5 6; 324 7.5 5 6.75; 325 7.5 5 7.5; 326 8.33333 5 5.25;
327 8.33333 5 6; 328 8.33333 5 6.75; 329 8.33333 5 7.5; 330 9.16667 5 5.25;
331 9.16667 5 6; 332 9.16667 5 6.75; 333 9.16667 5 7.5; 334 10 5 5.25;
335 10 5 6; 336 10 5 6.75; 337 5.83333 5 8.625; 338 5.83333 5 9.75;
339 5.83333 5 10.875; 340 5.83333 5 12; 341 6.66667 5 8.625;
342 6.66667 5 9.75; 343 6.66667 5 10.875; 344 6.66667 5 12; 345 7.5 5 8.625;
346 7.5 5 9.75; 347 7.5 5 10.875; 348 7.5 5 12; 349 8.33333 5 8.625;
350 8.33333 5 9.75; 351 8.33333 5 10.875; 352 8.33333 5 12;
353 9.16667 5 8.625; 354 9.16667 5 9.75; 355 9.16667 5 10.875;

356 9.16667 5 12; 357 10 5 8.625; 358 10 5 9.75; 359 10 5 10.875;
360 10.8333 5 1.125; 361 10.8333 5 0; 362 10.8333 5 2.25; 363 10.8333 5 3.375;
364 10.8333 5 4.5; 365 11.6667 5 1.125; 366 11.6667 5 0; 367 11.6667 5 2.25;
368 11.6667 5 3.375; 369 11.6667 5 4.5; 370 12.5 5 1.125; 371 12.5 5 0;
372 12.5 5 2.25; 373 12.5 5 3.375; 374 12.5 5 4.5; 375 13.3333 5 1.125;
376 13.3333 5 0; 377 13.3333 5 2.25; 378 13.3333 5 3.375; 379 13.3333 5 4.5;
380 14.1667 5 1.125; 381 14.1667 5 0; 382 14.1667 5 2.25; 383 14.1667 5 3.375;
384 14.1667 5 4.5; 385 15 5 1.125; 386 15 5 2.25; 387 15 5 3.375;
388 10.8333 5 5.25; 389 10.8333 5 6; 390 10.8333 5 6.75; 391 10.8333 5 7.5;
392 11.6667 5 5.25; 393 11.6667 5 6; 394 11.6667 5 6.75; 395 11.6667 5 7.5;
396 12.5 5 5.25; 397 12.5 5 6; 398 12.5 5 6.75; 399 12.5 5 7.5;
400 13.3333 5 5.25; 401 13.3333 5 6; 402 13.3333 5 6.75; 403 13.3333 5 7.5;
404 14.1667 5 5.25; 405 14.1667 5 6; 406 14.1667 5 6.75; 407 14.1667 5 7.5;
408 15 5 5.25; 409 15 5 6; 410 15 5 6.75; 411 10.8333 5 8.625;
412 10.8333 5 9.75; 413 10.8333 5 10.875; 414 10.8333 5 12;
415 11.6667 5 8.625; 416 11.6667 5 9.75; 417 11.6667 5 10.875;
418 11.6667 5 12; 419 12.5 5 8.625; 420 12.5 5 9.75; 421 12.5 5 10.875;
422 12.5 5 12; 423 13.3333 5 8.625; 424 13.3333 5 9.75; 425 13.3333 5 10.875;
426 13.3333 5 12; 427 14.1667 5 8.625; 428 14.1667 5 9.75;
429 14.1667 5 10.875; 430 14.1667 5 12; 431 15 5 8.625; 432 15 5 9.75;
433 15 5 10.875; 434 15.8333 5 1.125; 435 15.8333 5 0; 436 15.8333 5 2.25;
437 15.8333 5 3.375; 438 15.8333 5 4.5; 439 16.6667 5 1.125; 440 16.6667 5 0;
441 16.6667 5 2.25; 442 16.6667 5 3.375; 443 16.6667 5 4.5; 444 17.5 5 1.125;
445 17.5 5 0; 446 17.5 5 2.25; 447 17.5 5 3.375; 448 17.5 5 4.5;
449 18.3333 5 1.125; 450 18.3333 5 0; 451 18.3333 5 2.25; 452 18.3333 5 3.375;
453 18.3333 5 4.5; 454 19.1667 5 1.125; 455 19.1667 5 0; 456 19.1667 5 2.25;
457 19.1667 5 3.375; 458 19.1667 5 4.5; 459 20 5 1.125; 460 20 5 2.25;
461 20 5 3.375; 462 15.8333 5 5.25; 463 15.8333 5 6; 464 15.8333 5 6.75;
465 15.8333 5 7.5; 466 16.6667 5 5.25; 467 16.6667 5 6; 468 16.6667 5 6.75;
469 16.6667 5 7.5; 470 17.5 5 5.25; 471 17.5 5 6; 472 17.5 5 6.75;
473 17.5 5 7.5; 474 18.3333 5 5.25; 475 18.3333 5 6; 476 18.3333 5 6.75;
477 18.3333 5 7.5; 478 19.1667 5 5.25; 479 19.1667 5 6; 480 19.1667 5 6.75;
481 19.1667 5 7.5; 482 20 5 5.25; 483 20 5 6; 484 20 5 6.75;
485 15.8333 5 8.625; 486 15.8333 5 9.75; 487 15.8333 5 10.875;
488 15.8333 5 12; 489 16.6667 5 8.625; 490 16.6667 5 9.75;
491 16.6667 5 10.875; 492 16.6667 5 12; 493 17.5 5 8.625; 494 17.5 5 9.75;
495 17.5 5 10.875; 496 17.5 5 12; 497 18.3333 5 8.625; 498 18.3333 5 9.75;
499 18.3333 5 10.875; 500 18.3333 5 12; 501 19.1667 5 8.625;
502 19.1667 5 9.75; 503 19.1667 5 10.875; 504 19.1667 5 12; 505 20 5 8.625;
506 20 5 9.75; 507 20 5 10.875; 508 20.8333 5 1.125; 509 20.8333 5 0;
510 20.8333 5 2.25; 511 20.8333 5 3.375; 512 20.8333 5 4.5;
513 21.6667 5 1.125; 514 21.6667 5 0; 515 21.6667 5 2.25; 516 21.6667 5 3.375;
517 21.6667 5 4.5; 518 22.5 5 1.125; 519 22.5 5 0; 520 22.5 5 2.25;
521 22.5 5 3.375; 522 22.5 5 4.5; 523 23.3333 5 1.125; 524 23.3333 5 0;
525 23.3333 5 2.25; 526 23.3333 5 3.375; 527 23.3333 5 4.5;
528 24.1667 5 1.125; 529 24.1667 5 0; 530 24.1667 5 2.25; 531 24.1667 5 3.375;
532 24.1667 5 4.5; 533 25 5 1.125; 534 25 5 2.25; 535 25 5 3.375;
536 20.8333 5 5.25; 537 20.8333 5 6; 538 20.8333 5 6.75; 539 20.8333 5 7.5;
540 21.6667 5 5.25; 541 21.6667 5 6; 542 21.6667 5 6.75; 543 21.6667 5 7.5;
544 22.5 5 5.25; 545 22.5 5 6; 546 22.5 5 6.75; 547 22.5 5 7.5;
548 23.3333 5 5.25; 549 23.3333 5 6; 550 23.3333 5 6.75; 551 23.3333 5 7.5;
552 24.1667 5 5.25; 553 24.1667 5 6; 554 24.1667 5 6.75; 555 24.1667 5 7.5;
556 25 5 5.25; 557 25 5 6; 558 25 5 6.75; 559 20.8333 5 8.625;
560 20.8333 5 9.75; 561 20.8333 5 10.875; 562 20.8333 5 12;
563 21.6667 5 8.625; 564 21.6667 5 9.75; 565 21.6667 5 10.875;
566 21.6667 5 12; 567 22.5 5 8.625; 568 22.5 5 9.75; 569 22.5 5 10.875;
570 22.5 5 12; 571 23.3333 5 8.625; 572 23.3333 5 9.75; 573 23.3333 5 10.875;
574 23.3333 5 12; 575 24.1667 5 8.625; 576 24.1667 5 9.75;
577 24.1667 5 10.875; 578 24.1667 5 12; 579 25 5 8.625; 580 25 5 9.75;
581 25 5 10.875; 582 5 5 13; 583 5.83333 5 13; 584 5 5 14; 585 5.83333 5 14;
586 5 5 15; 587 5.83333 5 15; 588 5.83333 5 16; 589 6.66667 5 13;
590 6.66667 5 14; 591 6.66667 5 15; 592 6.66667 5 16; 593 7.5 5 13;
594 7.5 5 14; 595 7.5 5 15; 596 7.5 5 16; 597 8.33333 5 13; 598 8.33333 5 14;
599 8.33333 5 15; 600 8.33333 5 16; 601 9.16667 5 13; 602 9.16667 5 14;
603 9.16667 5 15; 604 9.16667 5 16; 605 10 5 13; 606 10 5 14; 607 10 5 15;
608 10.8333 5 13; 609 10.8333 5 14; 610 10.8333 5 15; 611 10.8333 5 16;
612 11.6667 5 13; 613 11.6667 5 14; 614 11.6667 5 15; 615 11.6667 5 16;
616 12.5 5 13; 617 12.5 5 14; 618 12.5 5 15; 619 12.5 5 16; 620 13.3333 5 13;
621 13.3333 5 14; 622 13.3333 5 15; 623 13.3333 5 16; 624 14.1667 5 13;
625 14.1667 5 14; 626 14.1667 5 15; 627 14.1667 5 16; 628 15 5 13; 629 15 5 14;
630 15 5 15; 631 15.8333 5 13; 632 15.8333 5 14; 633 15.8333 5 15;
634 15.8333 5 16; 635 16.6667 5 13; 636 16.6667 5 14; 637 16.6667 5 15;
638 16.6667 5 16; 639 17.5 5 13; 640 17.5 5 14; 641 17.5 5 15; 642 17.5 5 16;
643 18.3333 5 13; 644 18.3333 5 14; 645 18.3333 5 15; 646 18.3333 5 16;
647 19.1667 5 13; 648 19.1667 5 14; 649 19.1667 5 15; 650 19.1667 5 16;
651 20 5 13; 652 20 5 14; 653 20 5 15; 654 0 9.5 1.125; 655 0.833333 9.5 1.125;
656 0.833333 9.5 0; 657 0 9.5 2.25; 658 0.833333 9.5 2.25; 659 0 9.5 3.375;
660 0.833333 9.5 3.375; 661 0.833333 9.5 4.5; 662 1.66667 9.5 1.125;
663 1.66667 9.5 0; 664 1.66667 9.5 2.25; 665 1.66667 9.5 3.375;
666 1.66667 9.5 4.5; 667 2.5 9.5 1.125; 668 2.5 9.5 0; 669 2.5 9.5 2.25;
670 2.5 9.5 3.375; 671 2.5 9.5 4.5; 672 3.33333 9.5 1.125; 673 3.33333 9.5 0;
674 3.33333 9.5 2.25; 675 3.33333 9.5 3.375; 676 3.33333 9.5 4.5;
677 4.16667 9.5 1.125; 678 4.16667 9.5 0; 679 4.16667 9.5 2.25;
680 4.16667 9.5 3.375; 681 4.16667 9.5 4.5; 682 5 9.5 1.125; 683 5 9.5 2.25;

684 5 9.5 3.375; 685 0 9.5 5.25; 686 0.833333 9.5 5.25; 687 0 9.5 6;
688 0.833333 9.5 6; 689 0 9.5 6.75; 690 0.833333 9.5 6.75;
691 0.833333 9.5 7.5; 692 1.66667 9.5 5.25; 693 1.66667 9.5 6;
694 1.66667 9.5 6.75; 695 1.66667 9.5 7.5; 696 2.5 9.5 5.25; 697 2.5 9.5 6;
698 2.5 9.5 6.75; 699 2.5 9.5 7.5; 700 3.33333 9.5 5.25; 701 3.33333 9.5 6;
702 3.33333 9.5 6.75; 703 3.33333 9.5 7.5; 704 4.16667 9.5 5.25;
705 4.16667 9.5 6; 706 4.16667 9.5 6.75; 707 4.16667 9.5 7.5; 708 5 9.5 5.25;
709 5 9.5 6; 710 5 9.5 6.75; 711 0 9.5 8.625; 712 0.833333 9.5 8.625;
713 0 9.5 9.75; 714 0.833333 9.5 9.75; 715 0 9.5 10.875;
716 0.833333 9.5 10.875; 717 0.833333 9.5 12; 718 1.66667 9.5 8.625;
719 1.66667 9.5 9.75; 720 1.66667 9.5 10.875; 721 1.66667 9.5 12;
722 2.5 9.5 8.625; 723 2.5 9.5 9.75; 724 2.5 9.5 10.875; 725 2.5 9.5 12;
726 3.33333 9.5 8.625; 727 3.33333 9.5 9.75; 728 3.33333 9.5 10.875;
729 3.33333 9.5 12; 730 4.16667 9.5 8.625; 731 4.16667 9.5 9.75;
732 4.16667 9.5 10.875; 733 4.16667 9.5 12; 734 5 9.5 8.625; 735 5 9.5 9.75;
736 5 9.5 10.875; 737 5.83333 9.5 1.125; 738 5.83333 9.5 0;
739 5.83333 9.5 2.25; 740 5.83333 9.5 3.375; 741 5.83333 9.5 4.5;
742 6.66667 9.5 1.125; 743 6.66667 9.5 0; 744 6.66667 9.5 2.25;
745 6.66667 9.5 3.375; 746 6.66667 9.5 4.5; 747 7.5 9.5 1.125; 748 7.5 9.5 0;
749 7.5 9.5 2.25; 750 7.5 9.5 3.375; 751 7.5 9.5 4.5; 752 8.33333 9.5 1.125;
753 8.33333 9.5 0; 754 8.33333 9.5 2.25; 755 8.33333 9.5 3.375;
756 8.33333 9.5 4.5; 757 9.16667 9.5 1.125; 758 9.16667 9.5 0;
759 9.16667 9.5 2.25; 760 9.16667 9.5 3.375; 761 9.16667 9.5 4.5;
762 10 9.5 1.125; 763 10 9.5 2.25; 764 10 9.5 3.375; 765 5.83333 9.5 5.25;
766 5.83333 9.5 6; 767 5.83333 9.5 6.75; 768 5.83333 9.5 7.5;
769 6.66667 9.5 5.25; 770 6.66667 9.5 6; 771 6.66667 9.5 6.75;
772 6.66667 9.5 7.5; 773 7.5 9.5 5.25; 774 7.5 9.5 6; 775 7.5 9.5 6.75;
776 7.5 9.5 7.5; 777 8.33333 9.5 5.25; 778 8.33333 9.5 6; 779 8.33333 9.5 6.75;
780 8.33333 9.5 7.5; 781 9.16667 9.5 5.25; 782 9.16667 9.5 6;
783 9.16667 9.5 6.75; 784 9.16667 9.5 7.5; 785 10 9.5 5.25; 786 10 9.5 6;
787 10 9.5 6.75; 788 5.83333 9.5 8.625; 789 5.83333 9.5 9.75;
790 5.83333 9.5 10.875; 791 5.83333 9.5 12; 792 6.66667 9.5 8.625;
793 6.66667 9.5 9.75; 794 6.66667 9.5 10.875; 795 6.66667 9.5 12;
796 7.5 9.5 8.625; 797 7.5 9.5 9.75; 798 7.5 9.5 10.875; 799 7.5 9.5 12;
800 8.33333 9.5 8.625; 801 8.33333 9.5 9.75; 802 8.33333 9.5 10.875;
803 8.33333 9.5 12; 804 9.16667 9.5 8.625; 805 9.16667 9.5 9.75;
806 9.16667 9.5 10.875; 807 9.16667 9.5 12; 808 10 9.5 8.625; 809 10 9.5 9.75;
810 10 9.5 10.875; 811 10.8333 9.5 1.125; 812 10.8333 9.5 0;
813 10.8333 9.5 2.25; 814 10.8333 9.5 3.375; 815 10.8333 9.5 4.5;
816 11.6667 9.5 1.125; 817 11.6667 9.5 0; 818 11.6667 9.5 2.25;
819 11.6667 9.5 3.375; 820 11.6667 9.5 4.5; 821 12.5 9.5 1.125; 822 12.5 9.5 0;
823 12.5 9.5 2.25; 824 12.5 9.5 3.375; 825 12.5 9.5 4.5; 826 13.3333 9.5 1.125;
827 13.3333 9.5 0; 828 13.3333 9.5 2.25; 829 13.3333 9.5 3.375;
830 13.3333 9.5 4.5; 831 14.1667 9.5 1.125; 832 14.1667 9.5 0;
833 14.1667 9.5 2.25; 834 14.1667 9.5 3.375; 835 14.1667 9.5 4.5;
836 15 9.5 1.125; 837 15 9.5 2.25; 838 15 9.5 3.375; 839 10.8333 9.5 5.25;
840 10.8333 9.5 6; 841 10.8333 9.5 6.75; 842 10.8333 9.5 7.5;
843 11.6667 9.5 5.25; 844 11.6667 9.5 6; 845 11.6667 9.5 6.75;
846 11.6667 9.5 7.5; 847 12.5 9.5 5.25; 848 12.5 9.5 6; 849 12.5 9.5 6.75;
850 12.5 9.5 7.5; 851 13.3333 9.5 5.25; 852 13.3333 9.5 6;
853 13.3333 9.5 6.75; 854 13.3333 9.5 7.5; 855 14.1667 9.5 5.25;
856 14.1667 9.5 6; 857 14.1667 9.5 6.75; 858 14.1667 9.5 7.5; 859 15 9.5 5.25;
860 15 9.5 6; 861 15 9.5 6.75; 862 10.8333 9.5 8.625; 863 10.8333 9.5 9.75;
864 10.8333 9.5 10.875; 865 10.8333 9.5 12; 866 11.6667 9.5 8.625;
867 11.6667 9.5 9.75; 868 11.6667 9.5 10.875; 869 11.6667 9.5 12;
870 12.5 9.5 8.625; 871 12.5 9.5 9.75; 872 12.5 9.5 10.875; 873 12.5 9.5 12;
874 13.3333 9.5 8.625; 875 13.3333 9.5 9.75; 876 13.3333 9.5 10.875;
877 13.3333 9.5 12; 878 14.1667 9.5 8.625; 879 14.1667 9.5 9.75;
880 14.1667 9.5 10.875; 881 14.1667 9.5 12; 882 15 9.5 8.625; 883 15 9.5 9.75;
884 15 9.5 10.875; 885 15.8333 9.5 1.125; 886 15.8333 9.5 0;
887 15.8333 9.5 2.25; 888 15.8333 9.5 3.375; 889 15.8333 9.5 4.5;
890 16.6667 9.5 1.125; 891 16.6667 9.5 0; 892 16.6667 9.5 2.25;
893 16.6667 9.5 3.375; 894 16.6667 9.5 4.5; 895 17.5 9.5 1.125; 896 17.5 9.5 0;
897 17.5 9.5 2.25; 898 17.5 9.5 3.375; 899 17.5 9.5 4.5; 900 18.3333 9.5 1.125;
901 18.3333 9.5 0; 902 18.3333 9.5 2.25; 903 18.3333 9.5 3.375;
904 18.3333 9.5 4.5; 905 19.1667 9.5 1.125; 906 19.1667 9.5 0;
907 19.1667 9.5 2.25; 908 19.1667 9.5 3.375; 909 19.1667 9.5 4.5;
910 20 9.5 1.125; 911 20 9.5 2.25; 912 20 9.5 3.375; 913 15.8333 9.5 5.25;
914 15.8333 9.5 6; 915 15.8333 9.5 6.75; 916 15.8333 9.5 7.5;
917 16.6667 9.5 5.25; 918 16.6667 9.5 6; 919 16.6667 9.5 6.75;
920 16.6667 9.5 7.5; 921 17.5 9.5 5.25; 922 17.5 9.5 6; 923 17.5 9.5 6.75;
924 17.5 9.5 7.5; 925 18.3333 9.5 5.25; 926 18.3333 9.5 6;
927 18.3333 9.5 6.75; 928 18.3333 9.5 7.5; 929 19.1667 9.5 5.25;
930 19.1667 9.5 6; 931 19.1667 9.5 6.75; 932 19.1667 9.5 7.5; 933 20 9.5 5.25;
934 20 9.5 6; 935 20 9.5 6.75; 936 15.8333 9.5 8.625; 937 15.8333 9.5 9.75;
938 15.8333 9.5 10.875; 939 15.8333 9.5 12; 940 16.6667 9.5 8.625;
941 16.6667 9.5 9.75; 942 16.6667 9.5 10.875; 943 16.6667 9.5 12;
944 17.5 9.5 8.625; 945 17.5 9.5 9.75; 946 17.5 9.5 10.875; 947 17.5 9.5 12;
948 18.3333 9.5 8.625; 949 18.3333 9.5 9.75; 950 18.3333 9.5 10.875;
951 18.3333 9.5 12; 952 19.1667 9.5 8.625; 953 19.1667 9.5 9.75;
954 19.1667 9.5 10.875; 955 19.1667 9.5 12; 956 20 9.5 8.625; 957 20 9.5 9.75;
958 20 9.5 10.875; 959 20.8333 9.5 1.125; 960 20.8333 9.5 0;
961 20.8333 9.5 2.25; 962 20.8333 9.5 3.375; 963 20.8333 9.5 4.5;
964 21.6667 9.5 1.125; 965 21.6667 9.5 0; 966 21.6667 9.5 2.25;

967 21.6667 9.5 3.375; 968 21.6667 9.5 4.5; 969 22.5 9.5 1.125; 970 22.5 9.5 0;
971 22.5 9.5 2.25; 972 22.5 9.5 3.375; 973 22.5 9.5 4.5; 974 23.3333 9.5 1.125;
975 23.3333 9.5 0; 976 23.3333 9.5 2.25; 977 23.3333 9.5 3.375;
978 23.3333 9.5 4.5; 979 24.1667 9.5 1.125; 980 24.1667 9.5 0;
981 24.1667 9.5 2.25; 982 24.1667 9.5 3.375; 983 24.1667 9.5 4.5;
984 25 9.5 1.125; 985 25 9.5 2.25; 986 25 9.5 3.375; 987 20.8333 9.5 5.25;
988 20.8333 9.5 6; 989 20.8333 9.5 6.75; 990 20.8333 9.5 7.5;
991 21.6667 9.5 5.25; 992 21.6667 9.5 6; 993 21.6667 9.5 6.75;
994 21.6667 9.5 7.5; 995 22.5 9.5 5.25; 996 22.5 9.5 6; 997 22.5 9.5 6.75;
998 22.5 9.5 7.5; 999 23.3333 9.5 5.25; 1000 23.3333 9.5 6;
1001 23.3333 9.5 6.75; 1002 23.3333 9.5 7.5; 1003 24.1667 9.5 5.25;
1004 24.1667 9.5 6; 1005 24.1667 9.5 6.75; 1006 24.1667 9.5 7.5;
1007 25 9.5 5.25; 1008 25 9.5 6; 1009 25 9.5 6.75; 1010 20.8333 9.5 8.625;
1011 20.8333 9.5 9.75; 1012 20.8333 9.5 10.875; 1013 20.8333 9.5 12;
1014 21.6667 9.5 8.625; 1015 21.6667 9.5 9.75; 1016 21.6667 9.5 10.875;
1017 21.6667 9.5 12; 1018 22.5 9.5 8.625; 1019 22.5 9.5 9.75;
1020 22.5 9.5 10.875; 1021 22.5 9.5 12; 1022 23.3333 9.5 8.625;
1023 23.3333 9.5 9.75; 1024 23.3333 9.5 10.875; 1025 23.3333 9.5 12;
1026 24.1667 9.5 8.625; 1027 24.1667 9.5 9.75; 1028 24.1667 9.5 10.875;
1029 24.1667 9.5 12; 1030 25 9.5 8.625; 1031 25 9.5 9.75; 1032 25 9.5 10.875;
1033 0 14 1.125; 1034 0.833333 14 1.125; 1035 0.833333 14 0; 1036 0 14 2.25;
1037 0.833333 14 2.25; 1038 0 14 3.375; 1039 0.833333 14 3.375;
1040 0.833333 14 4.5; 1041 1.66667 14 1.125; 1042 1.66667 14 0;
1043 1.66667 14 2.25; 1044 1.66667 14 3.375; 1045 1.66667 14 4.5;
1046 2.5 14 1.125; 1047 2.5 14 0; 1048 2.5 14 2.25; 1049 2.5 14 3.375;
1050 2.5 14 4.5; 1051 3.33333 14 1.125; 1052 3.33333 14 0;
1053 3.33333 14 2.25; 1054 3.33333 14 3.375; 1055 3.33333 14 4.5;
1056 4.16667 14 1.125; 1057 4.16667 14 0; 1058 4.16667 14 2.25;
1059 4.16667 14 3.375; 1060 4.16667 14 4.5; 1061 5 14 1.125; 1062 5 14 2.25;
1063 5 14 3.375; 1064 0 14 5.25; 1065 0.833333 14 5.25; 1066 0 14 6;
1067 0.833333 14 6; 1068 0 14 6.75; 1069 0.833333 14 6.75;
1070 0.833333 14 7.5; 1071 1.66667 14 5.25; 1072 1.66667 14 6;
1073 1.66667 14 6.75; 1074 1.66667 14 7.5; 1075 2.5 14 5.25; 1076 2.5 14 6;
1077 2.5 14 6.75; 1078 2.5 14 7.5; 1079 3.33333 14 5.25; 1080 3.33333 14 6;
1081 3.33333 14 6.75; 1082 3.33333 14 7.5; 1083 4.16667 14 5.25;
1084 4.16667 14 6; 1085 4.16667 14 6.75; 1086 4.16667 14 7.5; 1087 5 14 5.25;
1088 5 14 6; 1089 5 14 6.75; 1090 0 14 8.625; 1091 0.833333 14 8.625;
1092 0 14 9.75; 1093 0.833333 14 9.75; 1094 0 14 10.875;
1095 0.833333 14 10.875; 1096 0.833333 14 12; 1097 1.66667 14 8.625;
1098 1.66667 14 9.75; 1099 1.66667 14 10.875; 1100 1.66667 14 12;
1101 2.5 14 8.625; 1102 2.5 14 9.75; 1103 2.5 14 10.875; 1104 2.5 14 12;
1105 3.33333 14 8.625; 1106 3.33333 14 9.75; 1107 3.33333 14 10.875;
1108 3.33333 14 12; 1109 4.16667 14 8.625; 1110 4.16667 14 9.75;
1111 4.16667 14 10.875; 1112 4.16667 14 12; 1113 5 14 8.625; 1114 5 14 9.75;
1115 5 14 10.875; 1116 5.83333 14 1.125; 1117 5.83333 14 0;
1118 5.83333 14 2.25; 1119 5.83333 14 3.375; 1120 5.83333 14 4.5;
1121 6.66667 14 1.125; 1122 6.66667 14 0; 1123 6.66667 14 2.25;
1124 6.66667 14 3.375; 1125 6.66667 14 4.5; 1126 7.5 14 1.125; 1127 7.5 14 0;
1128 7.5 14 2.25; 1129 7.5 14 3.375; 1130 7.5 14 4.5; 1131 8.33333 14 1.125;
1132 8.33333 14 0; 1133 8.33333 14 2.25; 1134 8.33333 14 3.375;
1135 8.33333 14 4.5; 1136 9.16667 14 1.125; 1137 9.16667 14 0;
1138 9.16667 14 2.25; 1139 9.16667 14 3.375; 1140 9.16667 14 4.5;
1141 10 14 1.125; 1142 10 14 2.25; 1143 10 14 3.375; 1144 5.83333 14 5.25;
1145 5.83333 14 6; 1146 5.83333 14 6.75; 1147 5.83333 14 7.5;
1148 6.66667 14 5.25; 1149 6.66667 14 6; 1150 6.66667 14 6.75;
1151 6.66667 14 7.5; 1152 7.5 14 5.25; 1153 7.5 14 6; 1154 7.5 14 6.75;
1155 7.5 14 7.5; 1156 8.33333 14 5.25; 1157 8.33333 14 6; 1158 8.33333 14 6.75;
1159 8.33333 14 7.5; 1160 9.16667 14 5.25; 1161 9.16667 14 6;
1162 9.16667 14 6.75; 1163 9.16667 14 7.5; 1164 10 14 5.25; 1165 10 14 6;
1166 10 14 6.75; 1167 5.83333 14 8.625; 1168 5.83333 14 9.75;
1169 5.83333 14 10.875; 1170 5.83333 14 12; 1171 6.66667 14 8.625;
1172 6.66667 14 9.75; 1173 6.66667 14 10.875; 1174 6.66667 14 12;
1175 7.5 14 8.625; 1176 7.5 14 9.75; 1177 7.5 14 10.875; 1178 7.5 14 12;
1179 8.33333 14 8.625; 1180 8.33333 14 9.75; 1181 8.33333 14 10.875;
1182 8.33333 14 12; 1183 9.16667 14 8.625; 1184 9.16667 14 9.75;
1185 9.16667 14 10.875; 1186 9.16667 14 12; 1187 10 14 8.625; 1188 10 14 9.75;
1189 10 14 10.875; 1190 10.8333 14 1.125; 1191 10.8333 14 0;
1192 10.8333 14 2.25; 1193 10.8333 14 3.375; 1194 10.8333 14 4.5;
1195 11.6667 14 1.125; 1196 11.6667 14 0; 1197 11.6667 14 2.25;
1198 11.6667 14 3.375; 1199 11.6667 14 4.5; 1200 12.5 14 1.125; 1201 12.5 14 0;
1202 12.5 14 2.25; 1203 12.5 14 3.375; 1204 12.5 14 4.5; 1205 13.3333 14 1.125;
1206 13.3333 14 0; 1207 13.3333 14 2.25; 1208 13.3333 14 3.375;
1209 13.3333 14 4.5; 1210 14.1667 14 1.125; 1211 14.1667 14 0;
1212 14.1667 14 2.25; 1213 14.1667 14 3.375; 1214 14.1667 14 4.5;
1215 15 14 1.125; 1216 15 14 2.25; 1217 15 14 3.375; 1218 10.8333 14 5.25;
1219 10.8333 14 6; 1220 10.8333 14 6.75; 1221 10.8333 14 7.5;
1222 11.6667 14 5.25; 1223 11.6667 14 6; 1224 11.6667 14 6.75;
1225 11.6667 14 7.5; 1226 12.5 14 5.25; 1227 12.5 14 6; 1228 12.5 14 6.75;
1230 13.3333 14 5.25; 1231 13.3333 14 6; 1232 13.3333 14 6.75;
1233 13.3333 14 7.5; 1234 14.1667 14 5.25; 1235 14.1667 14 6;
1236 14.1667 14 6.75; 1237 14.1667 14 7.5; 1238 15 14 5.25; 1239 15 14 6;
1240 15 14 6.75; 1241 10.8333 14 8.625; 1242 10.8333 14 9.75;
1243 10.8333 14 10.875; 1244 10.8333 14 12; 1245 11.6667 14 8.625;
1246 11.6667 14 9.75; 1247 11.6667 14 10.875; 1248 11.6667 14 12;

1249 12.5 14 8.625; 1250 12.5 14 9.75; 1251 12.5 14 10.875; 1252 12.5 14 12;
1253 13.3333 14 8.625; 1254 13.3333 14 9.75; 1255 13.3333 14 10.875;
1256 13.3333 14 12; 1257 14.1667 14 8.625; 1258 14.1667 14 9.75;
1259 14.1667 14 10.875; 1260 14.1667 14 12; 1261 15 14 8.625; 1262 15 14 9.75;
1263 15 14 10.875; 1264 15.8333 14 1.125; 1265 15.8333 14 0;
1266 15.8333 14 2.25; 1267 15.8333 14 3.375; 1268 15.8333 14 4.5;
1269 16.6667 14 1.125; 1270 16.6667 14 0; 1271 16.6667 14 2.25;
1272 16.6667 14 3.375; 1273 16.6667 14 4.5; 1274 17.5 14 1.125; 1275 17.5 14 0;
1276 17.5 14 2.25; 1277 17.5 14 3.375; 1278 17.5 14 4.5; 1279 18.3333 14 1.125;
1280 18.3333 14 0; 1281 18.3333 14 2.25; 1282 18.3333 14 3.375;
1283 18.3333 14 4.5; 1284 19.1667 14 1.125; 1285 19.1667 14 0;
1286 19.1667 14 2.25; 1287 19.1667 14 3.375; 1288 19.1667 14 4.5;
1289 20 14 1.125; 1290 20 14 2.25; 1291 20 14 3.375; 1292 15.8333 14 5.25;
1293 15.8333 14 6; 1294 15.8333 14 6.75; 1295 15.8333 14 7.5;
1296 16.6667 14 5.25; 1297 16.6667 14 6; 1298 16.6667 14 6.75;
1299 16.6667 14 7.5; 1300 17.5 14 5.25; 1301 17.5 14 6; 1302 17.5 14 6.75;
1303 17.5 14 7.5; 1304 18.3333 14 5.25; 1305 18.3333 14 6;
1306 18.3333 14 6.75; 1307 18.3333 14 7.5; 1308 19.1667 14 5.25;
1309 19.1667 14 6; 1310 19.1667 14 6.75; 1311 19.1667 14 7.5; 1312 20 14 5.25;
1313 20 14 6; 1314 20 14 6.75; 1315 15.8333 14 8.625; 1316 15.8333 14 9.75;
1317 15.8333 14 10.875; 1318 15.8333 14 12; 1319 16.6667 14 8.625;
1320 16.6667 14 9.75; 1321 16.6667 14 10.875; 1322 16.6667 14 12;
1323 17.5 14 8.625; 1324 17.5 14 9.75; 1325 17.5 14 10.875; 1326 17.5 14 12;
1327 18.3333 14 8.625; 1328 18.3333 14 9.75; 1329 18.3333 14 10.875;
1330 18.3333 14 12; 1331 19.1667 14 8.625; 1332 19.1667 14 9.75;
1333 19.1667 14 10.875; 1334 19.1667 14 12; 1335 20 14 8.625; 1336 20 14 9.75;
1337 20 14 10.875; 1338 20.8333 14 1.125; 1339 20.8333 14 0;
1340 20.8333 14 2.25; 1341 20.8333 14 3.375; 1342 20.8333 14 4.5;
1343 21.6667 14 1.125; 1344 21.6667 14 0; 1345 21.6667 14 2.25;
1346 21.6667 14 3.375; 1347 21.6667 14 4.5; 1348 22.5 14 1.125; 1349 22.5 14 0;
1350 22.5 14 2.25; 1351 22.5 14 3.375; 1352 22.5 14 4.5; 1353 23.3333 14 1.125;
1354 23.3333 14 0; 1355 23.3333 14 2.25; 1356 23.3333 14 3.375;
1357 23.3333 14 4.5; 1358 24.1667 14 1.125; 1359 24.1667 14 0;
1360 24.1667 14 2.25; 1361 24.1667 14 3.375; 1362 24.1667 14 4.5;
1363 25 14 1.125; 1364 25 14 2.25; 1365 25 14 3.375; 1366 20.8333 14 5.25;
1367 20.8333 14 6; 1368 20.8333 14 6.75; 1369 20.8333 14 7.5;
1370 21.6667 14 5.25; 1371 21.6667 14 6; 1372 21.6667 14 6.75;
1373 21.6667 14 7.5; 1374 22.5 14 5.25; 1375 22.5 14 6; 1376 22.5 14 6.75;
1377 22.5 14 7.5; 1378 23.3333 14 5.25; 1379 23.3333 14 6;
1380 23.3333 14 6.75; 1381 23.3333 14 7.5; 1382 24.1667 14 5.25;
1383 24.1667 14 6; 1384 24.1667 14 6.75; 1385 24.1667 14 7.5; 1386 25 14 5.25;
1387 25 14 6; 1388 25 14 6.75; 1389 20.8333 14 8.625; 1390 20.8333 14 9.75;
1391 20.8333 14 10.875; 1392 20.8333 14 12; 1393 21.6667 14 8.625;
1394 21.6667 14 9.75; 1395 21.6667 14 10.875; 1396 21.6667 14 12;
1397 22.5 14 8.625; 1398 22.5 14 9.75; 1399 22.5 14 10.875; 1400 22.5 14 12;
1401 23.3333 14 8.625; 1402 23.3333 14 9.75; 1403 23.3333 14 10.875;
1404 23.3333 14 12; 1405 24.1667 14 8.625; 1406 24.1667 14 9.75;
1407 24.1667 14 10.875; 1408 24.1667 14 12; 1409 25 14 8.625; 1410 25 14 9.75;
1411 25 14 10.875; 1412 0 18.5 1.125; 1413 0.833333 18.5 1.125;
1414 0.833333 18.5 0; 1415 0 18.5 2.25; 1416 0.833333 18.5 2.25;
1417 0 18.5 3.375; 1418 0.833333 18.5 3.375; 1419 0.833333 18.5 4.5;
1420 1.66667 18.5 1.125; 1421 1.66667 18.5 0; 1422 1.66667 18.5 2.25;
1423 1.66667 18.5 3.375; 1424 1.66667 18.5 4.5; 1425 2.5 18.5 1.125;
1426 2.5 18.5 0; 1427 2.5 18.5 2.25; 1428 2.5 18.5 3.375; 1429 2.5 18.5 4.5;
1430 3.33333 18.5 1.125; 1431 3.33333 18.5 0; 1432 3.33333 18.5 2.25;
1433 3.33333 18.5 3.375; 1434 3.33333 18.5 4.5; 1435 4.16667 18.5 1.125;
1436 4.16667 18.5 0; 1437 4.16667 18.5 2.25; 1438 4.16667 18.5 3.375;
1439 4.16667 18.5 4.5; 1440 5 18.5 1.125; 1441 5 18.5 2.25; 1442 5 18.5 3.375;
1443 0 18.5 5.25; 1444 0.833333 18.5 5.25; 1445 0 18.5 6; 1446 0.833333 18.5 6;
1447 0 18.5 6.75; 1448 0.833333 18.5 6.75; 1449 0.833333 18.5 7.5;
1450 1.66667 18.5 5.25; 1451 1.66667 18.5 6; 1452 1.66667 18.5 6.75;
1453 1.66667 18.5 7.5; 1454 2.5 18.5 5.25; 1455 2.5 18.5 6; 1456 2.5 18.5 6.75;
1457 2.5 18.5 7.5; 1458 3.33333 18.5 5.25; 1459 3.33333 18.5 6;
1460 3.33333 18.5 6.75; 1461 3.33333 18.5 7.5; 1462 4.16667 18.5 5.25;
1463 4.16667 18.5 6; 1464 4.16667 18.5 6.75; 1465 4.16667 18.5 7.5;
1466 5 18.5 5.25; 1467 5 18.5 6; 1468 5 18.5 6.75; 1469 0 18.5 8.625;
1470 0.833333 18.5 8.625; 1471 0 18.5 9.75; 1472 0.833333 18.5 9.75;
1473 0 18.5 10.875; 1474 0.833333 18.5 10.875; 1475 0.833333 18.5 12;
1476 1.66667 18.5 8.625; 1477 1.66667 18.5 9.75; 1478 1.66667 18.5 10.875;
1479 1.66667 18.5 12; 1480 2.5 18.5 8.625; 1481 2.5 18.5 9.75;
1482 2.5 18.5 10.875; 1483 2.5 18.5 12; 1484 3.33333 18.5 8.625;
1485 3.33333 18.5 9.75; 1486 3.33333 18.5 10.875; 1487 3.33333 18.5 12;
1488 4.16667 18.5 8.625; 1489 4.16667 18.5 9.75; 1490 4.16667 18.5 10.875;
1491 4.16667 18.5 12; 1492 5 18.5 8.625; 1493 5 18.5 9.75; 1494 5 18.5 10.875;
1495 5.83333 18.5 1.125; 1496 5.83333 18.5 0; 1497 5.83333 18.5 2.25;
1498 5.83333 18.5 3.375; 1499 5.83333 18.5 4.5; 1500 6.66667 18.5 1.125;
1501 6.66667 18.5 0; 1502 6.66667 18.5 2.25; 1503 6.66667 18.5 3.375;
1504 6.66667 18.5 4.5; 1505 7.5 18.5 1.125; 1506 7.5 18.5 0;
1507 7.5 18.5 2.25; 1508 7.5 18.5 3.375; 1509 7.5 18.5 4.5;
1510 8.33333 18.5 1.125; 1511 8.33333 18.5 0; 1512 8.33333 18.5 2.25;
1513 8.33333 18.5 3.375; 1514 8.33333 18.5 4.5; 1515 9.16667 18.5 1.125;
1516 9.16667 18.5 0; 1517 9.16667 18.5 2.25; 1518 9.16667 18.5 3.375;
1519 9.16667 18.5 4.5; 1520 10 18.5 1.125; 1521 10 18.5 2.25;
1522 10 18.5 3.375; 1523 5.83333 18.5 5.25; 1524 5.83333 18.5 6;

2463 1598 1599 1603 1602; 2464 1599 1600 1604 1603; 2465 1578 1601 1605 1583;
2466 1601 1602 1606 1605; 2467 1602 1603 1607 1606; 2468 1603 1604 2936 1607;
2469 1583 1605 1609 1588; 2470 1605 1606 1610 1609; 2471 1606 1607 1611 1610;
2472 1607 2936 1612 1611; 2473 1588 1609 1613 1593; 2474 1609 1610 1614 1613;
2475 1610 1611 1615 1614; 2476 1611 1612 1616 1615; 2477 1593 1613 1617 117;
2478 1613 1614 1618 1617; 2479 1614 1615 1619 1618; 2480 1615 1616 123 1619;
2481 122 1566 1620 1600; 2482 1566 1567 1621 1620; 2483 1567 1568 1622 1621;
2484 1568 128 1623 1622; 2485 1600 1620 1624 1604; 2486 1620 1621 1625 1624;
2487 1621 1622 1626 1625; 2488 1622 1623 1627 1626; 2489 1604 1624 1628 2936;
2490 1624 1625 1629 1628; 2491 1625 1626 1630 1629; 2492 1626 1627 1631 1630;
2493 2936 1628 1632 1612; 2494 1628 1629 1633 1632; 2495 1629 1630 1634 1633;
2496 1630 1631 1635 1634; 2497 1612 1632 1636 1616; 2498 1632 1633 1637 1636;
2499 1633 1634 1638 1637; 2500 1634 1635 1639 1638; 2501 1616 1636 1640 123;
2502 1636 1637 1641 1640; 2503 1637 1638 1642 1641; 2504 1638 1639 129 1642;
2505 111 1594 1643 1644; 2506 1594 1595 1645 1643; 2507 1595 1596 1646 1645;
2508 1596 117 1647 1646; 2509 1644 1643 1648 1649; 2510 1643 1645 1650 1648;
2511 1645 1646 1651 1650; 2512 1646 1647 1652 1651; 2513 1649 1648 1653 1654;
2514 1648 1650 1655 1653; 2515 1650 1651 1656 1655; 2516 1651 1652 1657 1656;
2517 1654 1653 1658 1659; 2518 1653 1655 1660 1658; 2519 1655 1656 1661 1660;
2520 1656 1657 1662 1661; 2521 1659 1658 1663 1664; 2522 1658 1660 1665 1663;
2523 1660 1661 1666 1665; 2524 1661 1662 1667 1666; 2525 1664 1663 1668 112;
2526 1663 1665 1669 1668; 2527 1665 1666 1670 1669; 2528 1666 1667 118 1670;
2529 117 1617 1671 1647; 2530 1617 1618 1672 1671; 2531 1618 1619 1673 1672;
2532 1619 123 1674 1673; 2533 1647 1671 1675 1652; 2534 1671 1672 1676 1675;
2535 1672 1673 1677 1676; 2536 1673 1674 1678 1677; 2537 1652 1675 1679 1657;
2538 1675 1676 1680 1679; 2539 1676 1677 1681 1680; 2540 1677 1678 1682 1681;
2541 1657 1679 1683 1662; 2542 1679 1680 1684 1683; 2543 1680 1681 1685 1684;
2544 1681 1682 1686 1685; 2545 1662 1683 1687 1667; 2546 1683 1684 1688 1687;
2547 1684 1685 1689 1688; 2548 1685 1686 1690 1689; 2549 1667 1687 1691 118;
2550 1687 1688 1692 1691; 2551 1688 1689 1693 1692; 2552 1689 1690 124 1693;
2553 123 1640 1694 1674; 2554 1640 1641 1695 1694; 2555 1641 1642 1696 1695;
2556 1642 129 1697 1696; 2557 1674 1694 1698 1678; 2558 1694 1695 1699 1698;
2559 1695 1696 1700 1699; 2560 1696 1697 1701 1700; 2561 1678 1698 1702 1682;
2562 1698 1699 1703 1702; 2563 1699 1700 1704 1703; 2564 1700 1701 1705 1704;
2565 1682 1702 1706 1686; 2566 1702 1703 1707 1706; 2567 1703 1704 1708 1707;
2568 1704 1705 1709 1708; 2569 1686 1706 1710 1690; 2570 1706 1707 1711 1710;
2571 1707 1708 1712 1711; 2572 1708 1709 1713 1712; 2573 1690 1710 1714 124;
2574 1710 1711 1715 1714; 2575 1711 1712 1716 1715; 2576 1712 1713 130 1716;
2577 112 1668 1717 1718; 2578 1668 1669 1719 1717; 2579 1669 1670 1720 1719;
2580 1670 118 1721 1720; 2581 1718 1717 1722 1723; 2582 1717 1719 1724 1722;
2583 1719 1720 1725 1724; 2584 1720 1721 1726 1725; 2585 1723 1722 1727 1728;
2586 1722 1724 1729 1727; 2587 1724 1725 1730 1729; 2588 1725 1726 1731 1730;
2589 1728 1727 1732 1733; 2590 1727 1729 1734 1732; 2591 1729 1730 1735 1734;
2592 1730 1731 1736 1735; 2593 1733 1732 1737 1738; 2594 1732 1734 1739 1737;
2595 1734 1735 1740 1739; 2596 1735 1736 1741 1740; 2597 1738 1737 1742 108;
2598 1737 1739 1743 1742; 2599 1739 1740 1744 1743; 2600 1740 1741 114 1744;
2601 118 1691 1745 1721; 2602 1691 1692 1746 1745; 2603 1692 1693 1747 1746;
2604 1693 124 1748 1747; 2605 1721 1745 1749 1726; 2606 1745 1746 1750 1749;
2607 1746 1747 1751 1750; 2608 1747 1748 1752 1751; 2609 1726 1749 1753 1731;
2610 1749 1750 1754 1753; 2611 1750 1751 1755 1754; 2612 1751 1752 1756 1755;
2613 1731 1753 1757 1736; 2614 1753 1754 1758 1757; 2615 1754 1755 1759 1758;
2616 1755 1756 1760 1759; 2617 1736 1757 1761 1741; 2618 1757 1758 1762 1761;
2619 1758 1759 1763 1762; 2620 1759 1760 1764 1763; 2621 1741 1761 1765 114;
2622 1761 1762 1766 1765; 2623 1762 1763 1767 1766; 2624 1763 1764 120 1767;
2625 124 1714 1768 1748; 2626 1714 1715 1769 1768; 2627 1715 1716 1770 1769;
2628 1716 130 1771 1770; 2629 1748 1768 1772 1752; 2630 1768 1769 1773 1772;
2631 1769 1770 1774 1773; 2632 1770 1771 1775 1774; 2633 1752 1772 1776 1756;
2634 1772 1773 1777 1776; 2635 1773 1774 1778 1777; 2636 1774 1775 1779 1778;
2637 1756 1776 1780 1760; 2638 1776 1777 1781 1780; 2639 1777 1778 1782 1781;
2640 1778 1779 1783 1782; 2641 1760 1780 1784 1764; 2642 1780 1781 1785 1784;
2643 1781 1782 1786 1785; 2644 1782 1783 1787 1786; 2645 1764 1784 1788 120;
2646 1784 1785 1789 1788; 2647 1785 1786 1790 1789; 2648 1786 1787 126 1790;
2803 131 1791 1792 1793; 2804 1791 1794 1795 1792; 2805 1794 1796 1797 1795;
2806 1796 137 1798 1797; 2807 1793 1792 1799 1800; 2808 1792 1795 1801 1799;
2809 1795 1797 1802 1801; 2810 1797 1798 1803 1802; 2811 1800 1799 1804 1805;
2812 1799 1801 1806 1804; 2813 1801 1802 1807 1806; 2814 1802 1803 1808 1807;
2815 1805 1804 1809 1810; 2816 1804 1806 1811 1809; 2817 1806 1807 1812 1811;
2818 1807 1808 1813 1812; 2819 1810 1809 1814 1815; 2820 1809 1811 1816 1814;
2821 1811 1812 1817 1816; 2822 1812 1813 1818 1817; 2823 1815 1814 1819 133;
2824 1814 1816 1820 1819; 2825 1816 1817 1821 1820; 2826 1817 1818 139 1821;
2827 137 1822 1823 1798; 2828 1822 1824 1825 1823; 2829 1824 1826 1827 1825;
2830 1826 143 1828 1827; 2831 1798 1823 1829 1803; 2832 1823 1825 1830 1829;
2833 1825 1827 1831 1830; 2834 1827 1828 1832 1831; 2835 1803 1829 1833 1808;
2836 1829 1830 1834 1833; 2837 1830 1831 1835 1834; 2838 1831 1832 1836 1835;
2839 1808 1833 1837 1813; 2840 1833 1834 1838 1837; 2841 1834 1835 1839 1838;
2842 1835 1836 1840 1839; 2843 1813 1837 1841 1818; 2844 1837 1838 1842 1841;
2845 1838 1839 1843 1842; 2846 1839 1840 1844 1843; 2847 1818 1841 1845 139;
2848 1841 1842 1846 1845; 2849 1842 1843 1847 1846; 2850 1843 1844 145 1847;
2851 143 1848 1849 1828; 2852 1848 1850 1851 1849; 2853 1850 1852 1853 1851;
2854 1852 149 1854 1853; 2855 1828 1849 1855 1832; 2856 1849 1851 1856 1855;
2857 1851 1853 1857 1856; 2858 1853 1854 1858 1857; 2859 1832 1855 1859 1836;
2860 1855 1856 1860 1859; 2861 1856 1857 1861 1860; 2862 1857 1858 1862 1861;
2863 1836 1859 1863 1840; 2864 1859 1860 1864 1863; 2865 1860 1861 1865 1864;
2866 1861 1862 1866 1865; 2867 1840 1863 1867 1844; 2868 1863 1864 1868 1867;

2869 1864 1865 1869 1868; 2870 1865 1866 1870 1869; 2871 1844 1867 1871 145;
2872 1867 1868 1872 1871; 2873 1868 1869 1873 1872; 2874 1869 1870 151 1873;
2875 133 1819 1874 1875; 2876 1819 1820 1876 1874; 2877 1820 1821 1877 1876;
2878 1821 139 1878 1877; 2879 1875 1874 1879 1880; 2880 1874 1876 1881 1879;
2881 1876 1877 1882 1881; 2882 1877 1878 1883 1882; 2883 1880 1879 1884 1885;
2884 1879 1881 1886 1884; 2885 1881 1882 1887 1886; 2886 1882 1883 1888 1887;
2887 1885 1884 1889 1890; 2888 1884 1886 1891 1889; 2889 1886 1887 1892 1891;
2890 1887 1888 1893 1892; 2891 1890 1889 1894 1895; 2892 1889 1891 1896 1894;
2893 1891 1892 1897 1896; 2894 1892 1893 1898 1897; 2895 1895 1894 1899 134;
2896 1894 1896 1900 1899; 2897 1896 1897 1901 1900; 2898 1897 1898 140 1901;
2899 139 1845 1902 1878; 2900 1845 1846 1903 1902; 2901 1846 1847 1904 1903;
2902 1847 145 1905 1904; 2903 1878 1902 1906 1883; 2904 1902 1903 1907 1906;
2905 1903 1904 1908 1907; 2906 1904 1905 1909 1908; 2907 1883 1906 1910 1888;
2908 1906 1907 1911 1910; 2909 1907 1908 1912 1911; 2910 1908 1909 1913 1912;
2911 1888 1910 1914 1893; 2912 1910 1911 1915 1914; 2913 1911 1912 1916 1915;
2914 1912 1913 1917 1916; 2915 1893 1914 1918 1898; 2916 1914 1915 1919 1918;
2917 1915 1916 1920 1919; 2918 1916 1917 1921 1920; 2919 1898 1918 1922 140;
2920 1918 1919 1923 1922; 2921 1919 1920 1924 1923; 2922 1920 1921 146 1924;
2923 145 1871 1925 1905; 2924 1871 1872 1926 1925; 2925 1872 1873 1927 1926;
2926 1873 151 1928 1927; 2927 1905 1925 1929 1909; 2928 1925 1926 1930 1929;
2929 1926 1927 1931 1930; 2930 1927 1928 1932 1931; 2931 1909 1929 1933 1913;
2932 1929 1930 1934 1933; 2933 1930 1931 1935 1934; 2934 1931 1932 1936 1935;
2935 1913 1933 1937 1917; 2936 1933 1934 1938 1937; 2937 1934 1935 1939 1938;
2938 1935 1936 1940 1939; 2939 1917 1937 1941 1921; 2940 1937 1938 1942 1941;
2941 1938 1939 1943 1942; 2942 1939 1940 1944 1943; 2943 1921 1941 1945 146;
2944 1941 1942 1946 1945; 2945 1942 1943 1947 1946; 2946 1943 1944 152 1947;
2947 134 1899 1948 1949; 2948 1899 1900 1950 1948; 2949 1900 1901 1951 1950;
2950 1901 140 1952 1951; 2951 1949 1948 1953 1954; 2952 1948 1950 1955 1953;
2953 1950 1951 1956 1955; 2954 1951 1952 1957 1956; 2955 1954 1953 1958 1959;
2956 1953 1955 1960 1958; 2957 1955 1956 1961 1960; 2958 1956 1957 1962 1961;
2959 1959 1958 1963 1964; 2960 1958 1960 1965 1963; 2961 1960 1961 1966 1965;
2962 1961 1962 1967 1966; 2963 1964 1963 1968 1969; 2964 1963 1965 1970 1968;
2965 1965 1966 1971 1970; 2966 1966 1967 1972 1971; 2967 1969 1968 1973 135;
2968 1968 1970 1974 1973; 2969 1970 1971 1975 1974; 2970 1971 1972 141 1975;
2971 140 1922 1976 1952; 2972 1922 1923 1977 1976; 2973 1923 1924 1978 1977;
2974 1924 146 1979 1978; 2975 1952 1976 1980 1957; 2976 1976 1977 1981 1980;
2977 1977 1978 1982 1981; 2978 1978 1979 1983 1982; 2979 1957 1980 1984 1962;
2980 1980 1981 1985 1984; 2981 1981 1982 1986 1985; 2982 1982 1983 2937 1986;
2983 1962 1984 1988 1967; 2984 1984 1985 1989 1988; 2985 1985 1986 1990 1989;
2986 1986 2937 1991 1990; 2987 1967 1988 1992 1972; 2988 1988 1989 1993 1992;
2989 1989 1990 1994 1993; 2990 1990 1991 1995 1994; 2991 1972 1992 1996 141;
2992 1992 1993 1997 1996; 2993 1993 1994 1998 1997; 2994 1994 1995 147 1998;
2995 146 1945 1999 1979; 2996 1945 1946 2000 1999; 2997 1946 1947 2001 2000;
2998 1947 152 2002 2001; 2999 1979 1999 2003 1983; 3000 1999 2000 2004 2003;
3001 2000 2001 2005 2004; 3002 2001 2002 2006 2005; 3003 1983 2003 2007 2937;
3004 2003 2004 2008 2007; 3005 2004 2005 2009 2008; 3006 2005 2006 2010 2009;
3007 2937 2007 2011 1991; 3008 2007 2008 2012 2011; 3009 2008 2009 2013 2012;
3010 2009 2010 2014 2013; 3011 1991 2011 2015 1995; 3012 2011 2012 2016 2015;
3013 2012 2013 2017 2016; 3014 2013 2014 2018 2017; 3015 1995 2015 2019 147;
3016 2015 2016 2020 2019; 3017 2016 2017 2021 2020; 3018 2017 2018 153 2021;
3019 135 1973 2022 2023; 3020 1973 1974 2024 2022; 3021 1974 1975 2025 2024;
3022 1975 141 2026 2025; 3023 2023 2022 2027 2028; 3024 2022 2024 2029 2027;
3025 2024 2025 2030 2029; 3026 2025 2026 2031 2030; 3027 2028 2027 2032 2033;
3028 2027 2029 2034 2032; 3029 2029 2030 2035 2034; 3030 2030 2031 2036 2035;
3031 2033 2032 2037 2038; 3032 2032 2034 2039 2037; 3033 2034 2035 2040 2039;
3034 2035 2036 2041 2040; 3035 2038 2037 2042 2043; 3036 2037 2039 2044 2042;
3037 2039 2040 2045 2044; 3038 2040 2041 2046 2045; 3039 2043 2042 2047 136;
3040 2042 2044 2048 2047; 3041 2044 2045 2049 2048; 3042 2045 2046 142 2049;
3043 141 1996 2050 2026; 3044 1996 1997 2051 2050; 3045 1997 1998 2052 2051;
3046 1998 147 2053 2052; 3047 2026 2050 2054 2031; 3048 2050 2051 2055 2054;
3049 2051 2052 2056 2055; 3050 2052 2053 2057 2056; 3051 2031 2054 2058 2036;
3052 2054 2055 2059 2058; 3053 2055 2056 2060 2059; 3054 2056 2057 2061 2060;
3055 2036 2058 2062 2041; 3056 2058 2059 2063 2062; 3057 2059 2060 2064 2063;
3058 2060 2061 2065 2064; 3059 2041 2062 2066 2046; 3060 2062 2063 2067 2066;
3061 2063 2064 2068 2067; 3062 2064 2065 2069 2068; 3063 2046 2066 2070 142;
3064 2066 2067 2071 2070; 3065 2067 2068 2072 2071; 3066 2068 2069 148 2072;
3067 147 2019 2073 2053; 3068 2019 2020 2074 2073; 3069 2020 2021 2075 2074;
3070 2021 153 2076 2075; 3071 2053 2073 2077 2057; 3072 2073 2074 2078 2077;
3073 2074 2075 2079 2078; 3074 2075 2076 2080 2079; 3075 2057 2077 2081 2061;
3076 2077 2078 2082 2081; 3077 2078 2079 2083 2082; 3078 2079 2080 2084 2083;
3079 2061 2081 2085 2065; 3080 2081 2082 2086 2085; 3081 2082 2083 2087 2086;
3082 2083 2084 2088 2087; 3083 2065 2085 2089 2069; 3084 2085 2086 2090 2089;
3085 2086 2087 2091 2090; 3086 2087 2088 2092 2091; 3087 2069 2089 2093 148;
3088 2089 2090 2094 2093; 3089 2090 2091 2095 2094; 3090 2091 2092 154 2095;
3091 136 2047 2096 2097; 3092 2047 2048 2098 2096; 3093 2048 2049 2099 2098;
3094 2049 142 2100 2099; 3095 2097 2096 2101 2102; 3096 2096 2098 2103 2101;
3097 2098 2099 2104 2103; 3098 2099 2100 2105 2104; 3099 2102 2101 2106 2107;
3100 2101 2103 2108 2106; 3101 2103 2104 2109 2108; 3102 2104 2105 2110 2109;
3103 2107 2106 2111 2112; 3104 2106 2108 2113 2111; 3105 2108 2109 2114 2113;
3106 2109 2110 2115 2114; 3107 2112 2111 2116 2117; 3108 2111 2113 2118 2116;
3109 2113 2114 2119 2118; 3110 2114 2115 2120 2119; 3111 2117 2116 2121 132;
3112 2116 2118 2122 2121; 3113 2118 2119 2123 2122; 3114 2119 2120 138 2123;
3115 142 2070 2124 2100; 3116 2070 2071 2125 2124; 3117 2071 2072 2126 2125;
3118 2072 148 2127 2126; 3119 2100 2124 2128 2105; 3120 2124 2125 2129 2128;

3121 2125 2126 2130 2129; 3122 2126 2127 2131 2130; 3123 2105 2128 2132 2110;
3124 2128 2129 2133 2132; 3125 2129 2130 2134 2133; 3126 2130 2131 2135 2134;
3127 2110 2132 2136 2115; 3128 2132 2133 2137 2136; 3129 2133 2134 2138 2137;
3130 2134 2135 2139 2138; 3131 2115 2136 2140 2120; 3132 2136 2137 2141 2140;
3133 2137 2138 2142 2141; 3134 2138 2139 2143 2142; 3135 2120 2140 2144 138;
3136 2140 2141 2145 2144; 3137 2141 2142 2146 2145; 3138 2142 2143 144 2146;
3139 148 2093 2147 2127; 3140 2093 2094 2148 2147; 3141 2094 2095 2149 2148;
3142 2095 154 2150 2149; 3143 2127 2147 2151 2131; 3144 2147 2148 2152 2151;
3145 2148 2149 2153 2152; 3146 2149 2150 2154 2153; 3147 2131 2151 2155 2135;
3148 2151 2152 2156 2155; 3149 2152 2153 2157 2156; 3150 2153 2154 2158 2157;
3151 2135 2155 2159 2139; 3152 2155 2156 2160 2159; 3153 2156 2157 2161 2160;
3154 2157 2158 2162 2161; 3155 2139 2159 2163 2143; 3156 2159 2160 2164 2163;
3157 2160 2161 2165 2164; 3158 2161 2162 2166 2165; 3159 2143 2163 2167 144;
3160 2163 2164 2168 2167; 3161 2164 2165 2169 2168; 3162 2165 2166 150 2169;
3317 155 2170 2171 2172; 3318 2170 2173 2174 2171; 3319 2173 2175 2176 2174;
3320 2175 161 2177 2176; 3321 2172 2171 2178 2179; 3322 2171 2174 2180 2178;
3323 2174 2176 2181 2180; 3324 2176 2177 2182 2181; 3325 2179 2178 2183 2184;
3326 2178 2180 2185 2183; 3327 2180 2181 2186 2185; 3328 2181 2182 2187 2186;
3329 2184 2183 2188 2189; 3330 2183 2185 2190 2188; 3331 2185 2186 2191 2190;
3332 2186 2187 2192 2191; 3333 2189 2188 2193 2194; 3334 2188 2190 2195 2193;
3335 2190 2191 2196 2195; 3336 2191 2192 2197 2196; 3337 2194 2193 2198 157;
3338 2193 2195 2199 2198; 3339 2195 2196 2200 2199; 3340 2196 2197 163 2200;
3341 161 2201 2202 2177; 3342 2201 2203 2204 2202; 3343 2203 2205 2206 2204;
3344 2205 167 2207 2206; 3345 2177 2202 2208 2182; 3346 2202 2204 2209 2208;
3347 2204 2206 2210 2209; 3348 2206 2207 2211 2210; 3349 2182 2208 2212 2187;
3350 2208 2209 2213 2212; 3351 2209 2210 2214 2213; 3352 2210 2211 2215 2214;
3353 2187 2212 2216 2192; 3354 2212 2213 2217 2216; 3355 2213 2214 2218 2217;
3356 2214 2215 2219 2218; 3357 2192 2216 2220 2197; 3358 2216 2217 2221 2220;
3359 2217 2218 2222 2221; 3360 2218 2219 2223 2222; 3361 2197 2220 2224 163;
3362 2220 2221 2225 2224; 3363 2221 2222 2226 2225; 3364 2222 2223 169 2226;
3365 167 2227 2228 2207; 3366 2227 2229 2230 2228; 3367 2229 2231 2232 2230;
3368 2231 173 2233 2232; 3369 2207 2228 2234 2211; 3370 2228 2230 2235 2234;
3371 2230 2232 2236 2235; 3372 2232 2233 2237 2236; 3373 2211 2234 2238 2215;
3374 2234 2235 2239 2238; 3375 2235 2236 2240 2239; 3376 2236 2237 2241 2240;
3377 2215 2238 2242 2219; 3378 2238 2239 2243 2242; 3379 2239 2240 2244 2243;
3380 2240 2241 2245 2244; 3381 2219 2242 2246 2223; 3382 2242 2243 2247 2246;
3383 2243 2244 2248 2247; 3384 2244 2245 2249 2248; 3385 2223 2246 2250 169;
3386 2246 2247 2251 2250; 3387 2247 2248 2252 2251; 3388 2248 2249 175 2252;
3389 157 2198 2253 2254; 3390 2198 2199 2255 2253; 3391 2199 2200 2256 2255;
3392 2200 163 2257 2256; 3393 2254 2253 2258 2259; 3394 2253 2255 2260 2258;
3395 2255 2256 2261 2260; 3396 2256 2257 2262 2261; 3397 2259 2258 2263 2264;
3398 2258 2260 2265 2263; 3399 2260 2261 2266 2265; 3400 2261 2262 2267 2266;
3401 2264 2263 2268 2269; 3402 2263 2265 2270 2268; 3403 2265 2266 2271 2270;
3404 2266 2267 2272 2271; 3405 2269 2268 2273 2274; 3406 2268 2270 2275 2273;
3407 2270 2271 2276 2275; 3408 2271 2272 2277 2276; 3409 2274 2273 2278 158;
3410 2273 2275 2279 2278; 3411 2275 2276 2280 2279; 3412 2276 2277 164 2280;
3413 163 2224 2281 2257; 3414 2224 2225 2282 2281; 3415 2225 2226 2283 2282;
3416 2226 169 2284 2283; 3417 2257 2281 2285 2262; 3418 2281 2282 2286 2285;
3419 2282 2283 2287 2286; 3420 2283 2284 2288 2287; 3421 2262 2285 2289 2267;
3422 2285 2286 2290 2289; 3423 2286 2287 2291 2290; 3424 2287 2288 2292 2291;
3425 2267 2289 2293 2272; 3426 2289 2290 2294 2293; 3427 2290 2291 2295 2294;
3428 2291 2292 2296 2295; 3429 2272 2293 2297 2277; 3430 2293 2294 2298 2297;
3431 2294 2295 2299 2298; 3432 2295 2296 2300 2299; 3433 2277 2297 2301 164;
3434 2297 2298 2302 2301; 3435 2298 2299 2303 2302; 3436 2299 2300 170 2303;
3437 169 2250 2304 2284; 3438 2250 2251 2305 2304; 3439 2251 2252 2306 2305;
3440 2252 175 2307 2306; 3441 2284 2304 2308 2288; 3442 2304 2305 2309 2308;
3443 2305 2306 2310 2309; 3444 2306 2307 2311 2310; 3445 2288 2308 2312 2292;
3446 2308 2309 2313 2312; 3447 2309 2310 2314 2313; 3448 2310 2311 2315 2314;
3449 2292 2312 2316 2296; 3450 2312 2313 2317 2316; 3451 2313 2314 2318 2317;
3452 2314 2315 2319 2318; 3453 2296 2316 2320 2300; 3454 2316 2317 2321 2320;
3455 2317 2318 2322 2321; 3456 2318 2319 2323 2322; 3457 2300 2320 2324 170;
3458 2320 2321 2325 2324; 3459 2321 2322 2326 2325; 3460 2322 2323 176 2326;
3461 158 2278 2327 2328; 3462 2278 2279 2329 2327; 3463 2279 2280 2330 2329;
3464 2280 164 2331 2330; 3465 2328 2327 2332 2333; 3466 2327 2329 2334 2332;
3467 2329 2330 2335 2334; 3468 2330 2331 2336 2335; 3469 2333 2332 2337 2338;
3470 2332 2334 2339 2337; 3471 2334 2335 2340 2339; 3472 2335 2336 2341 2340;
3473 2338 2337 2342 2343; 3474 2337 2339 2344 2342; 3475 2339 2340 2345 2344;
3476 2340 2341 2346 2345; 3477 2343 2342 2347 2348; 3478 2342 2344 2349 2347;
3479 2344 2345 2350 2349; 3480 2345 2346 2351 2350; 3481 2348 2347 2352 159;
3482 2347 2349 2353 2352; 3483 2349 2350 2354 2353; 3484 2350 2351 165 2354;
3485 164 2301 2355 2331; 3486 2301 2302 2356 2355; 3487 2302 2303 2357 2356;
3488 2303 170 2358 2357; 3489 2331 2355 2359 2336; 3490 2355 2356 2360 2359;
3491 2356 2357 2361 2360; 3492 2357 2358 2362 2361; 3493 2336 2359 2363 2341;
3494 2359 2360 2364 2363; 3495 2360 2361 2365 2364; 3496 2361 2362 2363 2365;
3497 2341 2363 2367 2346; 3498 2363 2364 2368 2367; 3499 2364 2365 2369 2368;
3500 2365 2368 2370 2369; 3501 2346 2367 2371 2351; 3502 2367 2368 2372 2371;
3503 2368 2369 2373 2372; 3504 2369 2370 2374 2373; 3505 2351 2371 2375 165;
3506 2371 2372 2376 2375; 3507 2372 2373 2377 2376; 3508 2373 2374 171 2377;
3509 170 2324 2378 2358; 3510 2324 2325 2379 2378; 3511 2325 2326 2380 2379;
3512 2326 176 2381 2380; 3513 2358 2378 2382 2362; 3514 2378 2379 2383 2382;
3515 2379 2380 2384 2383; 3516 2380 2381 2385 2384; 3517 2362 2382 2386 2385;
3518 2382 2383 2387 2386; 3519 2383 2384 2388 2387; 3520 2384 2385 2389 2388;
3521 2388 2386 2390 2370; 3522 2386 2387 2391 2390; 3523 2387 2388 2392 2391;
3524 2388 2389 2393 2392; 3525 2370 2390 2394 2374; 3526 2390 2391 2395 2394;

3527 2391 2392 2396 2395; 3528 2392 2393 2397 2396; 3529 2374 2394 2398 171;
3530 2394 2395 2399 2398; 3531 2395 2396 2400 2399; 3532 2396 2397 177 2400;
3533 159 2352 2401 2402; 3534 2352 2353 2403 2401; 3535 2353 2354 2404 2403;
3536 2354 165 2405 2404; 3537 2402 2401 2406 2407; 3538 2401 2403 2408 2406;
3539 2403 2404 2409 2408; 3540 2404 2405 2410 2409; 3541 2407 2406 2411 2412;
3542 2406 2408 2413 2411; 3543 2408 2409 2414 2413; 3544 2409 2410 2415 2414;
3545 2412 2411 2416 2417; 3546 2411 2413 2418 2416; 3547 2413 2414 2419 2418;
3548 2414 2415 2420 2419; 3549 2417 2416 2421 2422; 3550 2416 2418 2423 2421;
3551 2418 2419 2424 2423; 3552 2419 2420 2425 2424; 3553 2422 2421 2426 160;
3554 2421 2423 2427 2426; 3555 2423 2424 2428 2427; 3556 2424 2425 166 2428;
3557 165 2375 2429 2405; 3558 2375 2376 2430 2429; 3559 2376 2377 2431 2430;
3560 2377 171 2432 2431; 3561 2405 2429 2433 2410; 3562 2429 2430 2434 2433;
3563 2430 2431 2435 2434; 3564 2431 2432 2436 2435; 3565 2410 2433 2437 2415;
3566 2433 2434 2438 2437; 3567 2434 2435 2439 2438; 3568 2435 2436 2440 2439;
3569 2415 2437 2441 2420; 3570 2437 2438 2442 2441; 3571 2438 2439 2443 2442;
3572 2439 2440 2444 2443; 3573 2420 2441 2445 2425; 3574 2441 2442 2446 2445;
3575 2442 2443 2447 2446; 3576 2443 2444 2448 2447; 3577 2425 2445 2449 166;
3578 2445 2446 2450 2449; 3579 2446 2447 2451 2450; 3580 2447 2448 172 2451;
3581 171 2398 2452 2432; 3582 2398 2399 2453 2452; 3583 2399 2400 2454 2453;
3584 2400 177 2455 2454; 3585 2432 2452 2456 2436; 3586 2452 2453 2457 2456;
3587 2453 2454 2458 2457; 3588 2454 2455 2459 2458; 3589 2436 2456 2460 2440;
3590 2456 2457 2461 2460; 3591 2457 2458 2462 2461; 3592 2458 2459 2463 2462;
3593 2440 2460 2464 2444; 3594 2460 2461 2465 2464; 3595 2461 2462 2466 2465;
3596 2462 2463 2467 2466; 3597 2444 2464 2468 2448; 3598 2464 2465 2469 2468;
3599 2465 2466 2470 2469; 3600 2466 2467 2471 2470; 3601 2448 2468 2472 172;
3602 2468 2469 2473 2472; 3603 2469 2470 2474 2473; 3604 2470 2471 178 2474;
3605 160 2426 2475 2476; 3606 2426 2427 2477 2475; 3607 2427 2428 2478 2477;
3608 2428 166 2479 2478; 3609 2476 2475 2480 2481; 3610 2475 2477 2482 2480;
3611 2477 2478 2483 2482; 3612 2478 2479 2484 2483; 3613 2481 2480 2485 2486;
3614 2480 2482 2487 2485; 3615 2482 2483 2488 2487; 3616 2483 2484 2489 2488;
3617 2486 2485 2490 2491; 3618 2485 2487 2492 2490; 3619 2487 2488 2493 2492;
3620 2488 2489 2494 2493; 3621 2491 2490 2495 2496; 3622 2490 2492 2497 2495;
3623 2492 2493 2498 2497; 3624 2493 2494 2499 2498; 3625 2496 2495 2500 156;
3626 2495 2497 2501 2500; 3627 2497 2498 2502 2501; 3628 2498 2499 162 2502;
3629 166 2449 2503 2479; 3630 2449 2450 2504 2503; 3631 2450 2451 2505 2504;
3632 2451 172 2506 2505; 3633 2479 2503 2507 2484; 3634 2503 2504 2508 2507;
3635 2504 2505 2509 2508; 3636 2505 2506 2510 2509; 3637 2484 2507 2511 2489;
3638 2507 2508 2512 2511; 3639 2508 2509 2513 2512; 3640 2509 2510 2514 2513;
3641 2489 2511 2515 2494; 3642 2511 2512 2516 2515; 3643 2512 2513 2517 2516;
3644 2513 2514 2518 2517; 3645 2494 2515 2519 2499; 3646 2515 2516 2520 2519;
3647 2516 2517 2521 2520; 3648 2517 2518 2522 2521; 3649 2499 2519 2523 162;
3650 2519 2520 2524 2523; 3651 2520 2521 2525 2524; 3652 2521 2522 168 2525;
3653 172 2472 2526 2506; 3654 2472 2473 2527 2526; 3655 2473 2474 2528 2527;
3656 2474 178 2529 2528; 3657 2506 2526 2530 2510; 3658 2526 2527 2531 2530;
3659 2527 2528 2532 2531; 3660 2528 2529 2533 2532; 3661 2510 2530 2534 2514;
3662 2530 2531 2535 2534; 3663 2531 2532 2536 2535; 3664 2532 2533 2537 2536;
3665 2514 2534 2538 2518; 3666 2534 2535 2539 2538; 3667 2535 2536 2540 2539;
3668 2536 2537 2541 2540; 3669 2518 2538 2542 2522; 3670 2538 2539 2543 2542;
3671 2539 2540 2544 2543; 3672 2540 2541 2545 2544; 3673 2522 2542 2546 168;
3674 2542 2543 2547 2546; 3675 2543 2544 2548 2547; 3676 2544 2545 174 2548;
3679 179 2549 2550 2551; 3681 2549 2552 2553 2550; 3683 2552 2554 2555 2553;
3685 2554 185 2556 2555; 3687 2551 2550 2557 2558; 3688 2550 2553 2559 2557;
3689 2553 2555 2560 2559; 3691 2555 2556 2561 2560; 3693 2558 2557 2562 2563;
3694 2557 2559 2564 2562; 3695 2559 2560 2565 2564; 3697 2560 2561 2566 2565;
3699 2563 2562 2567 2568; 3700 2562 2564 2569 2567; 3701 2564 2565 2570 2569;
3703 2565 2566 2571 2570; 3705 2568 2567 2572 2573; 3706 2567 2569 2574 2572;
3707 2569 2570 2575 2574; 3709 2570 2571 2576 2575; 3711 2573 2572 2577 181;
3713 2572 2574 2578 2577; 3715 2574 2575 2579 2578; 3716 2575 2576 187 2579;
3718 185 2580 2581 2556; 3720 2580 2582 2583 2581; 3722 2582 2584 2585 2583;
3724 2584 191 2586 2585; 3725 2556 2581 2587 2561; 3726 2581 2583 2588 2587;
3727 2583 2585 2589 2588; 3729 2585 2586 2590 2589; 3730 2561 2587 2591 2566;
3731 2587 2588 2592 2591; 3732 2588 2589 2593 2592; 3734 2589 2590 2594 2593;
3735 2566 2591 2595 2571; 3736 2591 2592 2596 2595; 3737 2592 2593 2597 2596;
3739 2593 2594 2598 2597; 3740 2571 2595 2599 2576; 3741 2595 2596 2600 2599;
3742 2596 2597 2601 2600; 3744 2597 2598 2602 2601; 3746 2576 2599 2603 187;
3748 2599 2600 2604 2603; 3750 2600 2601 2605 2604; 3751 2601 2602 193 2605;
3753 191 2606 2607 2586; 3755 2606 2608 2609 2607; 3757 2608 2610 2611 2609;
3759 2610 197 2612 2611; 3760 2586 2607 2613 2590; 3761 2607 2609 2614 2613;
3762 2609 2611 2615 2614; 3764 2611 2612 2616 2615; 3765 2590 2613 2617 2594;
3766 2613 2614 2618 2617; 3767 2614 2615 2619 2618; 3769 2615 2616 2620 2619;
3770 2594 2617 2621 2598; 3771 2617 2618 2622 2621; 3772 2618 2619 2623 2622;
3774 2619 2620 2624 2623; 3775 2598 2621 2625 2602; 3776 2621 2622 2626 2625;
3777 2622 2623 2627 2626; 3779 2623 2624 2628 2627; 3781 2602 2625 2629 193;
3783 2625 2626 2630 2629; 3785 2626 2627 2631 2630; 3786 2627 2628 199 2631;
3816 181 2577 2632 2633; 3817 2577 2578 2634 2632; 3818 2578 2579 2635 2634;
3819 2579 187 2636 2635; 3820 2633 2632 2637 2638; 3821 2632 2634 2639 2637;
3822 2634 2635 2640 2639; 3823 2635 2636 2641 2640; 3824 2638 2637 2642 2643;
3825 2637 2639 2644 2642; 3826 2639 2640 2645 2644; 3827 2640 2641 2646 2645;
3828 2643 2642 2647 2648; 3829 2642 2644 2649 2647; 3830 2644 2645 2650 2649;
3831 2645 2646 2651 2650; 3832 2648 2647 2652 2653; 3833 2647 2649 2654 2652;
3834 2649 2650 2655 2654; 3835 2650 2651 2656 2655; 3836 2653 2652 2657 182;
3837 2652 2654 2658 2657; 3838 2654 2655 2659 2658; 3839 2655 2656 188 2659;
3840 187 2603 2660 2636; 3841 2603 2604 2661 2660; 3842 2604 2605 2662 2661;
3843 2605 193 2663 2662; 3844 2636 2660 2664 2641; 3845 2660 2661 2665 2664;

3846 2661 2662 2666 2665; 3847 2662 2663 2667 2666; 3848 2641 2664 2668 2646;
3849 2664 2665 2669 2668; 3850 2665 2666 2670 2669; 3851 2666 2667 2671 2670;
3852 2646 2668 2672 2651; 3853 2668 2669 2673 2672; 3854 2669 2670 2674 2673;
3855 2670 2671 2675 2674; 3856 2651 2672 2676 2656; 3857 2672 2673 2677 2676;
3858 2673 2674 2678 2677; 3859 2674 2675 2679 2678; 3860 2656 2676 2680 188;
3861 2676 2677 2681 2680; 3862 2677 2678 2682 2681; 3863 2678 2679 194 2682;
3864 193 2629 2683 2663; 3865 2629 2630 2684 2683; 3866 2630 2631 2685 2684;
3867 2631 199 2686 2685; 3868 2663 2683 2687 2667; 3869 2683 2684 2688 2687;
3870 2684 2685 2689 2688; 3871 2685 2686 2690 2689; 3872 2667 2687 2691 2671;
3873 2687 2688 2692 2691; 3874 2688 2689 2693 2692; 3875 2689 2690 2694 2693;
3876 2671 2691 2695 2675; 3877 2691 2692 2696 2695; 3878 2692 2693 2697 2696;
3879 2693 2694 2698 2697; 3880 2675 2695 2699 2679; 3881 2695 2696 2700 2699;
3882 2696 2697 2701 2700; 3883 2697 2698 2702 2701; 3884 2679 2699 2703 194;
3885 2699 2700 2704 2703; 3886 2700 2701 2705 2704; 3887 2701 2702 200 2705;
3917 182 2657 2706 2707; 3918 2657 2658 2708 2706; 3919 2658 2659 2709 2708;
3920 2659 188 2710 2709; 3921 2707 2706 2711 2712; 3922 2706 2708 2713 2711;
3923 2708 2709 2714 2713; 3924 2709 2710 2715 2714; 3925 2712 2711 2716 2717;
3926 2711 2713 2718 2716; 3927 2713 2714 2719 2718; 3928 2714 2715 2720 2719;
3929 2717 2716 2721 2722; 3930 2716 2718 2723 2721; 3931 2718 2719 2724 2723;
3932 2719 2720 2725 2724; 3933 2722 2721 2726 2727; 3934 2721 2723 2728 2726;
3935 2723 2724 2729 2728; 3936 2724 2725 2730 2729; 3937 2727 2726 2731 183;
3938 2726 2728 2732 2731; 3939 2728 2729 2733 2732; 3940 2729 2730 189 2733;
3941 188 2680 2734 2710; 3942 2680 2681 2735 2734; 3943 2681 2682 2736 2735;
3944 2682 194 2737 2736; 3945 2710 2734 2738 2715; 3946 2734 2735 2739 2738;
3947 2735 2736 2740 2739; 3948 2736 2737 2741 2740; 3949 2715 2738 2742 2720;
3950 2738 2739 2743 2742; 3951 2739 2740 2744 2743; 3952 2740 2741 2939 2744;
3953 2720 2742 2746 2725; 3954 2742 2743 2747 2746; 3955 2743 2744 2748 2747;
3956 2744 2939 2749 2748; 3957 2725 2746 2750 2730; 3958 2746 2747 2751 2750;
3959 2747 2748 2752 2751; 3960 2748 2749 2753 2752; 3961 2730 2750 2754 189;
3962 2750 2751 2755 2754; 3963 2751 2752 2756 2755; 3964 2752 2753 195 2756;
3965 194 2703 2757 2737; 3966 2703 2704 2758 2757; 3967 2704 2705 2759 2758;
3968 2705 200 2760 2759; 3969 2737 2757 2761 2741; 3970 2757 2758 2762 2761;
3971 2758 2759 2763 2762; 3972 2759 2760 2764 2763; 3973 2741 2761 2765 2939;
3974 2761 2762 2766 2765; 3975 2762 2763 2767 2766; 3976 2763 2764 2768 2767;
3977 2939 2765 2769 2749; 3978 2765 2766 2770 2769; 3979 2766 2767 2771 2770;
3980 2767 2768 2772 2771; 3981 2749 2769 2773 2753; 3982 2769 2770 2774 2773;
3983 2770 2771 2775 2774; 3984 2771 2772 2776 2775; 3985 2753 2773 2777 195;
3986 2773 2774 2778 2777; 3987 2774 2775 2779 2778; 3988 2775 2776 201 2779;
4018 183 2731 2780 2781; 4019 2731 2732 2782 2780; 4020 2732 2733 2783 2782;
4021 2733 189 2784 2783; 4022 2781 2780 2785 2786; 4023 2780 2782 2787 2785;
4024 2782 2783 2788 2787; 4025 2783 2784 2789 2788; 4026 2786 2785 2790 2791;
4027 2785 2787 2792 2790; 4028 2787 2788 2793 2792; 4029 2788 2789 2794 2793;
4030 2791 2790 2795 2796; 4031 2790 2792 2797 2795; 4032 2792 2793 2798 2797;
4033 2793 2794 2799 2798; 4034 2796 2795 2800 2801; 4035 2795 2797 2802 2800;
4036 2797 2798 2803 2802; 4037 2798 2799 2804 2803; 4038 2801 2800 2805 184;
4039 2800 2802 2806 2805; 4040 2802 2803 2807 2806; 4041 2803 2804 190 2807;
4042 189 2754 2808 2784; 4043 2754 2755 2809 2808; 4044 2755 2756 2810 2809;
4045 2756 195 2811 2810; 4046 2784 2808 2812 2789; 4047 2808 2809 2813 2812;
4048 2809 2810 2814 2813; 4049 2810 2811 2815 2814; 4050 2789 2812 2816 2794;
4051 2812 2813 2817 2816; 4052 2813 2814 2818 2817; 4053 2814 2815 2819 2818;
4054 2794 2816 2820 2799; 4055 2816 2817 2821 2820; 4056 2817 2818 2822 2821;
4057 2818 2819 2823 2822; 4058 2799 2820 2824 2804; 4059 2820 2821 2825 2824;
4060 2821 2822 2826 2825; 4061 2822 2823 2827 2826; 4062 2804 2824 2828 190;
4063 2824 2825 2829 2828; 4064 2825 2826 2830 2829; 4065 2826 2827 196 2830;
4066 195 2777 2831 2811; 4067 2777 2778 2832 2831; 4068 2778 2779 2833 2832;
4069 2779 201 2834 2833; 4070 2811 2831 2835 2815; 4071 2831 2832 2836 2835;
4072 2832 2833 2837 2836; 4073 2833 2834 2838 2837; 4074 2815 2835 2839 2819;
4075 2835 2836 2840 2839; 4076 2836 2837 2841 2840; 4077 2837 2838 2842 2841;
4078 2819 2839 2843 2823; 4079 2839 2840 2844 2843; 4080 2840 2841 2845 2844;
4081 2841 2842 2846 2845; 4082 2823 2843 2847 2827; 4083 2843 2844 2848 2847;
4084 2844 2845 2849 2848; 4085 2845 2846 2850 2849; 4086 2827 2847 2851 196;
4087 2847 2848 2852 2851; 4088 2848 2849 2853 2852; 4089 2849 2850 202 2853;
4119 184 2805 2854 2855; 4120 2805 2806 2856 2854; 4121 2806 2807 2857 2856;
4122 2807 190 2858 2857; 4123 2855 2854 2859 2860; 4124 2854 2856 2861 2859;
4125 2856 2857 2862 2861; 4126 2857 2858 2863 2862; 4127 2860 2859 2864 2865;
4128 2859 2861 2866 2864; 4129 2861 2862 2867 2866; 4130 2862 2863 2868 2867;
4131 2865 2864 2869 2870; 4132 2864 2866 2871 2869; 4133 2866 2867 2872 2871;
4134 2867 2868 2873 2872; 4135 2870 2869 2874 2875; 4136 2869 2871 2876 2874;
4137 2871 2872 2877 2876; 4138 2872 2873 2878 2877; 4139 2875 2874 2879 180;
4140 2874 2876 2880 2879; 4141 2876 2877 2881 2880; 4142 2877 2878 186 2881;
4143 190 2828 2882 2858; 4144 2828 2829 2883 2882; 4145 2829 2830 2884 2883;
4146 2830 196 2885 2884; 4147 2858 2882 2886 2863; 4148 2882 2883 2887 2886;
4149 2883 2884 2888 2887; 4150 2884 2885 2889 2888; 4151 2863 2886 2890 2868;
4152 2886 2887 2891 2890; 4153 2887 2888 2892 2891; 4154 2888 2889 2893 2892;
4155 2868 2890 2894 2873; 4156 2890 2891 2895 2894; 4157 2891 2892 2896 2895;
4158 2892 2893 2897 2896; 4159 2873 2894 2898 2878; 4160 2894 2895 2899 2898;
4161 2895 2896 2900 2899; 4162 2896 2897 2901 2900; 4163 2878 2898 2902 186;
4164 2898 2899 2903 2902; 4165 2899 2900 2904 2903; 4166 2900 2901 192 2904;
4167 196 2851 2905 2885; 4168 2851 2852 2906 2905; 4169 2852 2853 2907 2906;
4170 2853 202 2908 2907; 4171 2885 2905 2909 2889; 4172 2905 2906 2910 2909;
4173 2906 2907 2911 2910; 4174 2907 2908 2912 2911; 4175 2889 2909 2913 2893;
4176 2909 2910 2914 2913; 4177 2910 2911 2915 2914; 4178 2911 2912 2916 2915;
4179 2893 2913 2917 2897; 4180 2913 2914 2918 2917; 4181 2914 2915 2919 2918;
4182 2915 2916 2920 2919; 4183 2897 2917 2921 2901; 4184 2917 2918 2922 2921;

```

4185 2918 2919 2923 2922; 4186 2919 2920 2924 2923; 4187 2901 2921 2925 192;
4188 2921 2922 2926 2925; 4189 2922 2923 2927 2926; 4190 2923 2924 198 2927;
ELEMENT PROPERTY
496 498 500 502 504 TO 506 508 510 TO 512 514 516 TO 518 520 522 TO 524 526 -
528 530 532 533 535 537 539 541 TO 544 546 TO 549 551 TO 554 556 TO 559 561 -
563 565 567 568 570 572 574 576 TO 579 581 TO 584 586 TO 589 591 TO 594 596 -
598 600 602 603 633 TO 704 734 TO 805 835 TO 906 936 TO 1007 1009 1011 1013 -
1015 TO 1018 1020 TO 1023 1025 TO 1028 1030 TO 1033 1035 1037 1039 1041 1042 -
1051 TO 1074 1083 TO 1106 1261 TO 1620 1775 TO 2134 2289 TO 2648 -
2803 TO 3162 3317 TO 3676 THICKNESS 0.12
3679 3681 3683 3685 3687 TO 3689 3691 3693 TO 3695 3697 3699 TO 3701 3703 -
3705 TO 3707 3709 3711 3713 3715 3716 3718 3720 3722 3724 TO 3727 -
3729 TO 3732 3734 TO 3737 3739 TO 3742 3744 3746 3748 3750 3751 3753 3755 -
3757 3759 TO 3762 3764 TO 3767 3769 TO 3772 3774 TO 3777 3779 3781 3783 3785 -
3786 3816 TO 3887 3917 TO 3988 4018 TO 4089 4119 TO 4190 THICKNESS 0.1
DEFINE MATERIAL START
ISOTROPIC CONCRETE
E 2.17185e+007
POISSON 0.17
DENSITY 23.5616
ALPHA 1e-005
DAMP 0.05
END DEFINE MATERIAL
CONSTANTS
MATERIAL CONCRETE ALL
MEMBER PROPERTY AMERICAN
49 TO 72 122 TO 145 184 TO 207 246 TO 269 308 TO 331 370 TO 393 432 TO 454 -
455 PRIS YD 0.6
73 TO 76 PRIS YD 0.4
77 TO 96 100 TO 105 107 TO 109 111 TO 113 115 TO 117 119 TO 121 146 TO 183 -
208 TO 245 270 TO 307 332 TO 369 394 TO 431 456 TO 495 497 499 501 503 507 -
509 513 515 519 521 525 527 529 531 534 536 538 540 545 550 555 560 562 564 -
566 569 571 573 575 580 585 590 595 597 599 601 604 TO 632 705 TO 733 806 -
807 TO 834 907 TO 935 1107 TO 1260 1621 TO 1774 2135 TO 2288 2649 TO 2802 -
3163 TO 3316 3677 3678 3680 3682 3684 3686 3690 3692 3696 3698 3702 3704 -
3708 3710 3712 3714 3717 3719 3721 3723 3728 3733 3738 3743 3745 3747 3749 -
3752 3754 3756 3758 3763 3768 3773 3778 3780 3782 3784 3787 TO 3815 3888 -
3889 TO 3916 3989 TO 4017 4090 TO 4118 PRIS YD 0.6 ZD 0.3
97 TO 99 106 110 114 118 1008 1010 1012 1014 1019 1024 1029 1034 1036 1038 -
1040 1043 TO 1050 1075 TO 1082 PRIS YD 0.4 ZD 0.2
4191 PRIS YD 0.15 ZD 0.15
MEMBER PROPERTY AMERICAN
4192 TO 4197 PRIS YD 0.15 ZD 0.15
SUPPORTS
1 TO 24 27 TO 30 FIXED
LOAD 1 BEBAN MATI
SELFWEIGHT Y -1
MEMBER LOAD
77 TO 96 100 TO 105 107 TO 109 111 TO 113 115 TO 117 119 TO 121 494 495 497 -
499 501 503 507 509 513 515 519 521 525 527 529 531 534 536 538 540 545 550 -
555 560 562 564 566 569 571 573 575 580 585 590 595 597 599 601 604 TO 632 -
705 TO 733 806 TO 834 907 TO 935 UNI GY -11.22
97 TO 99 106 110 114 118 1008 1010 1012 1014 1019 1024 1029 1034 1036 1038 -
1040 1043 TO 1050 1075 TO 1082 UNI GY -11.73
146 TO 183 1107 TO 1260 UNI GY -9.95
208 TO 245 1621 TO 1774 UNI GY -9.95
270 TO 307 2135 TO 2288 UNI GY -9.95
332 TO 369 2649 TO 2802 UNI GY -9.95
394 TO 431 3163 TO 3316 UNI GY -9.95
456 TO 493 3677 3678 3680 3682 3684 3686 3690 3692 3696 3698 3702 3704 3708 -
3710 3712 3714 3717 3719 3721 3723 3728 3733 3738 3743 3745 3747 3749 3752 -
3754 3756 3758 3763 3768 3773 3778 3780 3782 3784 3787 TO 3815 3888 TO 3916 -
3989 TO 4017 4090 TO 4118 UNI GY -9.95
LOAD 2 BEBAN HIDUP
ELEMENT LOAD
496 498 500 502 504 TO 506 508 510 TO 512 514 516 TO 518 520 522 TO 524 526 -
528 530 532 533 535 537 539 541 TO 544 546 TO 549 551 TO 554 556 TO 559 561 -
563 565 567 568 570 572 574 576 TO 579 581 TO 584 586 TO 589 591 TO 594 596 -
598 600 602 603 633 TO 704 734 TO 805 835 TO 906 936 TO 1007 1009 1011 1013 -
1015 TO 1018 1020 TO 1023 1025 TO 1028 1030 TO 1033 1035 1037 1039 1041 1042 -
1051 TO 1074 1083 TO 1106 PR GY -2.5
1261 TO 1620 PR GY -2.5
1775 TO 2134 PR GY -2.5
2289 TO 2648 PR GY -2.5
2803 TO 3162 PR GY -2.5
3317 TO 3676 PR GY -2.5
3679 3681 3683 3685 3687 TO 3689 3691 3693 TO 3695 3697 3699 TO 3701 3703 -
3705 TO 3707 3709 3711 3713 3715 3716 3718 3720 3722 3724 TO 3727 -
3729 TO 3732 3734 TO 3737 3739 TO 3742 3744 3746 3748 3750 3751 3753 3755 -
3757 3759 TO 3762 3764 TO 3767 3769 TO 3772 3774 TO 3777 3779 3781 3783 3785 -
3786 3816 TO 3887 3917 TO 3988 4018 TO 4089 4119 TO 4190 PR GY -2.5
LOAD 3 LOADTYPE None TITLE BEBAN GEMPA DINAMIK ARAH FX DAN FZ
JOINT LOAD
2928 FX 17.67 FZ 5.3

```

```
2929 FX 33.9 FZ 10.17
2930 FX 54.84 FZ 16.45
2931 FX 77.48 FZ 23.24
2932 FX 101.49 FZ 30.45
2933 FX 126.67 FZ 38
2934 FX 119.51 FZ 35.85
LOAD 4 LOADTYPE None TITLE BEBAN GEMPA DINAMIK ARAH FZ DAN FX
JOINT LOAD
2928 FX 5.3 FZ 17.67
2929 FX 10.17 FZ 33.9
2930 FX 16.45 FZ 54.84
2931 FX 23.24 FZ 77.48
2932 FX 30.45 FZ 101.49
2933 FX 38 FZ 126.67
2934 FX 35.85 FZ 119.51
SPECTRUM SRSS X 1 Z 1 ACC SCALE 1.8 CDAMP LOG
0 0.247; 0.154 0.618; 0.604 0.618; 0.766 0.5; 1.019 0.376; 1.403 0.273;
1.987 0.193; 2.457 0.156; 2.984 0.128; 3.955 0.097;
LOAD COMB 5 COMBINATION 1
1 1.4
LOAD COMB 6 COMBINATION 2
1 1.2 2 1.6
LOAD COMB 7 COMBINATION 3
1 1.2 2 1.0 3 1.0 4 0.3
LOAD COMB 8 COMBINATION 4
1 1.2 2 1.0 3 1.0 4 0.0
LOAD COMB 9 COMBINATION 5
1 1.2 2 1.0 3 1.0 4 0.3
LOAD COMB 10 COMBINATION 6
1 1.2 2 1.0 3 -1.0 4 0.3
LOAD COMB 11 COMBINATION 7
1 0.9 3 1.0 4 0.3
LOAD COMB 12 COMBINATION 8
1 0.9 3 1.0 4 -0.3
LOAD COMB 13 COMBINATION 9
1 0.9 3 -1.0 4 0.3
LOAD COMB 14 COMBINATION 10
1 0.9 3 -1.0 4 -0.3
LOAD COMB 15 COMBINATION 11
1 1.2 2 1.0 3 0.3 4 1.0
LOAD COMB 16 COMBINATION 12
1 1.2 2 1.0 3 0.3 4 -1.0
LOAD COMB 17 COMBINATION 13
1 1.2 2 1.0 3 -0.3 4 1.0
LOAD COMB 18 COMBINATION 14
1 1.2 2 1.0 3 -0.3 4 -1.0
LOAD COMB 19 COMBINATION 15
1 0.9 3 0.3 4 1.0
LOAD COMB 20 COMBINATION 16
1 0.9 3 0.3 4 -1.0
LOAD COMB 21 COMBINATION 17
1 0.9 3 -0.3 4 1.0
LOAD COMB 22 COMBINATION 18
1 0.9 3 -0.3 4 1.0
PERFORM ANALYSIS
PRINT STORY DRIFT
FINISH
```



Software licensed to PERACS ENGINEERING CONSULTANT

Job No

Sheet No

1

Rev

Part

Job Title

Ref

By

Date 02-Jun-17

Chd

Client

File APEW SKRIPSI REVISI.:

Date/Time 15-Sep-2017 23:47

Reactions

Node	L/C	Horizontal	Vertical	Horizontal	Moment		
		FX (kg)	FY (kg)	FZ (kg)	MX (kN·m)	MY (kN·m)	MZ (kN·m)
1	1:BEAN MATI	473.467	85.2E+3	405.909	6.615	-0.017	-7.728
	2:BEAN HIDL	118.529	11.1E+3	101.260	1.581	-0.004	-1.939
	3:BEAN GEM	-1.88E+3	-14.9E+3	-465.941	-14.975	0.142	60.118
	4:BEAN GEM	35.480	1.55E+3	189.805	6.048	0.004	1.142
	5:COMBINATIC	662.854	119E+3	568.273	9.260	-0.024	-10.819
	6:COMBINATIC	757.808	120E+3	649.107	10.467	-0.027	-12.375
	7:COMBINATIC	-1.18E+3	98.8E+3	179.352	-3.643	0.119	49.249
	8:COMBINATIC	-1.19E+3	98.4E+3	122.411	-5.457	0.117	48.906
	9:COMBINATIC	-1.18E+3	98.8E+3	179.352	-3.643	0.119	49.249
	10:COMBINAT	2.58E+3	129E+3	1.11E+3	26.308	-0.166	-70.987
	11:COMBINATI	-1.44E+3	62.2E+3	-43.681	-7.208	0.128	53.506
	12:COMBINAT	-1.46E+3	61.3E+3	-157.564	-10.836	0.126	52.820
	13:COMBINAT	2.32E+3	92E+3	888.200	22.743	-0.156	-66.730
	14:COMBINAT	2.29E+3	91.1E+3	774.317	19.114	-0.159	-67.415
	15:COMBINAT	158.327	110E+3	638.374	11.073	0.022	7.966
	16:COMBINAT	87.367	107E+3	258.764	-1.022	0.014	5.681
	17:COMBINAT	1.29E+3	119E+3	917.938	20.058	-0.064	-28.105
	18:COMBINAT	1.22E+3	116E+3	538.329	7.963	-0.071	-30.390
	19:COMBINAT	-102.242	73.7E+3	415.341	7.508	0.031	12.223
	20:COMBINAT	-173.203	70.6E+3	35.731	-4.587	0.024	9.938
	21:COMBINAT	1.03E+3	82.7E+3	694.905	16.493	-0.054	-23.848
	22:COMBINAT	1.03E+3	82.7E+3	694.905	16.493	-0.054	-23.848
2	1:BEAN MATI	-473.467	85.2E+3	405.909	6.615	0.017	7.728
	2:BEAN HIDL	-118.529	11.1E+3	101.260	1.581	0.004	1.939
	3:BEAN GEM	-1.87E+3	6.95E+3	-630.629	-19.796	0.122	59.982
	4:BEAN GEM	35.480	1.55E+3	189.805	6.048	0.004	1.142
	5:COMBINATIC	-662.854	119E+3	568.273	9.260	0.024	10.819
	6:COMBINATIC	-757.807	120E+3	649.107	10.467	0.027	12.375
	7:COMBINATIC	-2.55E+3	121E+3	14.663	-8.463	0.148	71.536
	8:COMBINATIC	-2.56E+3	120E+3	-42.278	-10.277	0.147	71.194
	9:COMBINATIC	-2.55E+3	121E+3	14.663	-8.463	0.148	71.536
	10:COMBINAT	1.2E+3	107E+3	1.28E+3	31.128	-0.096	-48.427
	11:COMBINATI	-2.29E+3	84.1E+3	-208.370	-12.028	0.139	67.279
	12:COMBINAT	-2.31E+3	83.1E+3	-322.252	-15.657	0.136	66.594
	13:COMBINAT	1.46E+3	70.2E+3	1.05E+3	27.563	-0.106	-52.684
	14:COMBINAT	1.44E+3	69.2E+3	939.006	23.934	-0.108	-53.370
	15:COMBINAT	-1.21E+3	117E+3	588.967	9.627	0.065	30.349
	16:COMBINAT	-1.28E+3	114E+3	209.358	-2.468	0.058	28.064
	17:COMBINAT	-89.677	113E+3	967.345	21.505	-0.008	-5.640
	18:COMBINAT	-160.638	110E+3	587.735	9.409	-0.016	-7.925
	19:COMBINAT	-952.173	80.3E+3	365.934	6.062	0.056	26.092
	20:COMBINAT	-1.02E+3	77.2E+3	-13.675	-6.033	0.048	23.807
	21:COMBINAT	170.892	76.1E+3	744.312	17.939	-0.018	-9.897
	22:COMBINAT	170.892	76.1E+3	744.312	17.939	-0.018	-9.897
3	1:BEAN MATI	10.239	119E+3	514.945	8.397	-0.009	-0.227
	2:BEAN HIDL	3.997	20.5E+3	197.562	3.143	-0.003	-0.083
	3:BEAN GEM	-2.39E+3	-3.62E+3	-497.584	-15.912	0.185	68.442
	4:BEAN GEM	45.449	1.58E+3	192.385	6.089	0.004	1.304



Software licensed to PERACS ENGINEERING CONSULTANT

Job No

Sheet No

2

Rev

Part

Job Title

Ref

By

Date 02-Jun-17

Chd

Client

File APEW SKRIPSI REVISI.:

Date/Time 15-Sep-2017 23:47

Reactions Cont...

Node	L/C	Horizontal	Vertical	Horizontal	Moment		
		FX (kg)	FY (kg)	FZ (kg)	MX (kN·m)	MY (kN·m)	MZ (kN·m)
	5:COMBINATIC	14.335	166E+3	720.923	11.756	-0.013	-0.318
	6:COMBINATIC	18.682	175E+3	934.033	15.105	-0.016	-0.406
	7:COMBINATIC	-2.36E+3	160E+3	375.627	-0.866	0.172	68.477
	8:COMBINATIC	-2.38E+3	159E+3	317.912	-2.692	0.171	68.086
	9:COMBINATIC	-2.36E+3	160E+3	375.627	-0.866	0.172	68.477
	10:COMBINAT	2.42E+3	167E+3	1.37E+3	30.958	-0.198	-68.406
	11:COMBINATI	-2.37E+3	104E+3	23.582	-6.527	0.178	68.629
	12:COMBINAT	-2.4E+3	103E+3	-91.849	-10.181	0.175	67.846
	13:COMBINAT	2.42E+3	111E+3	1.02E+3	25.296	-0.192	-68.255
	14:COMBINAT	2.39E+3	110E+3	903.320	21.642	-0.194	-69.037
	15:COMBINAT	-656.409	163E+3	858.605	14.535	0.045	21.481
	16:COMBINAT	-747.307	160E+3	473.836	2.356	0.038	18.873
	17:COMBINAT	779.875	166E+3	1.16E+3	24.082	-0.066	-19.584
	18:COMBINAT	688.977	162E+3	772.386	11.903	-0.073	-22.192
	19:COMBINAT	-663.478	107E+3	506.560	8.873	0.051	21.632
	20:COMBINAT	-754.375	104E+3	121.791	-3.305	0.043	19.024
	21:COMBINAT	772.806	109E+3	805.111	18.420	-0.060	-19.433
	22:COMBINAT	772.806	109E+3	805.111	18.420	-0.060	-19.433
4	1:BEAN MATI	6.588	121E+3	518.137	8.468	-0.004	-0.128
	2:BEAN HIDL	1.860	21.1E+3	199.361	3.178	-0.001	-0.037
	3:BEAN GEM	-2.36E+3	-4.05E+3	-537.486	-17.001	0.187	67.903
	4:BEAN GEM	44.841	1.58E+3	192.303	6.088	0.004	1.294
	5:COMBINATIC	9.223	169E+3	725.391	11.855	-0.005	-0.179
	6:COMBINATIC	10.881	179E+3	940.742	15.246	-0.006	-0.212
	7:COMBINATIC	-2.34E+3	163E+3	341.330	-1.836	0.183	68.101
	8:COMBINATIC	-2.35E+3	162E+3	283.639	-3.662	0.182	67.713
	9:COMBINATIC	-2.34E+3	163E+3	341.330	-1.836	0.183	68.101
	10:COMBINAT	2.38E+3	171E+3	1.42E+3	32.167	-0.191	-67.705
	11:COMBINATI	-2.34E+3	105E+3	-13.472	-7.554	0.185	68.176
	12:COMBINAT	-2.37E+3	104E+3	-128.854	-11.207	0.183	67.400
	13:COMBINAT	2.38E+3	113E+3	1.06E+3	26.449	-0.189	-67.630
	14:COMBINAT	2.35E+3	112E+3	946.118	22.796	-0.191	-68.407
	15:COMBINAT	-653.253	166E+3	852.183	14.326	0.055	21.475
	16:COMBINAT	-742.934	163E+3	467.576	2.151	0.047	18.887
	17:COMBINAT	762.465	169E+3	1.17E+3	24.527	-0.058	-19.267
	18:COMBINAT	672.783	166E+3	790.068	12.352	-0.065	-21.855
	19:COMBINAT	-657.089	109E+3	497.380	8.608	0.057	21.550
	20:COMBINAT	-746.770	106E+3	112.774	-3.567	0.049	18.962
	21:COMBINAT	758.628	112E+3	819.872	18.809	-0.055	-19.192
	22:COMBINAT	758.628	112E+3	819.872	18.809	-0.055	-19.192
5	1:BEAN MATI	-6.588	121E+3	518.137	8.468	0.004	0.128
	2:BEAN HIDL	-1.860	21.1E+3	199.361	3.178	0.001	0.037
	3:BEAN GEM	-2.36E+3	-4.15E+3	-575.343	-18.058	0.184	67.895
	4:BEAN GEM	44.841	1.58E+3	192.303	6.088	0.004	1.294
	5:COMBINATIC	-9.223	169E+3	725.391	11.855	0.005	0.179
	6:COMBINATIC	-10.881	179E+3	940.742	15.246	0.006	0.212
	7:COMBINATIC	-2.36E+3	162E+3	303.473	-2.893	0.190	68.473
	8:COMBINATIC	-2.37E+3	162E+3	245.782	-4.719	0.189	68.085



Software licensed to PERACS ENGINEERING CONSULTANT

Job No

Sheet No

3

Rev

Part

Job Title

Ref

By

Date 02-Jun-17

Chd

Client

File APEW SKRIPSI REVISI.:

Date/Time 15-Sep-2017 23:47

Reactions Cont...

Node	L/C	Horizontal	Vertical	Horizontal	Moment		
		FX (kg)	FY (kg)	FZ (kg)	MX (kN·m)	MY (kN·m)	MZ (kN·m)
	9:COMBINATIC	-2.36E+3	162E+3	303.473	-2.893	0.190	68.473
	10:COMBINAT	2.36E+3	171E+3	1.45E+3	33.223	-0.177	-67.316
	11:COMBINATI	-2.35E+3	105E+3	-51.329	-8.611	0.188	68.398
	12:COMBINAT	-2.38E+3	104E+3	-166.711	-12.263	0.186	67.621
	13:COMBINAT	2.37E+3	113E+3	1.1E+3	27.505	-0.179	-67.391
	14:COMBINAT	2.34E+3	112E+3	983.975	23.853	-0.181	-68.168
	15:COMBINAT	-672.701	166E+3	840.825	14.009	0.064	21.853
	16:COMBINAT	-762.382	163E+3	456.219	1.834	0.057	19.264
	17:COMBINAT	742.852	169E+3	1.19E+3	24.844	-0.046	-18.884
	18:COMBINAT	653.170	166E+3	801.425	12.669	-0.054	-21.473
	19:COMBINAT	-668.864	109E+3	486.023	8.291	0.062	21.778
	20:COMBINAT	-758.546	106E+3	101.417	-3.884	0.054	19.189
	21:COMBINAT	746.688	112E+3	831.229	19.126	-0.048	-18.959
	22:COMBINAT	746.688	112E+3	831.229	19.126	-0.048	-18.959
6	1:BEAN MATI	-10.239	119E+3	514.945	8.397	0.009	0.227
	2:BEAN HIDL	-3.997	20.5E+3	197.562	3.143	0.003	0.083
	3:BEAN GEM	-2.39E+3	-4.57E+3	-614.706	-19.127	0.180	68.432
	4:BEAN GEM	45.449	1.58E+3	192.385	6.089	0.004	1.304
	5:COMBINATIC	-14.335	166E+3	720.923	11.756	0.013	0.318
	6:COMBINATIC	-18.682	175E+3	934.033	15.105	0.016	0.406
	7:COMBINATIC	-2.4E+3	159E+3	258.505	-4.081	0.195	69.179
	8:COMBINATIC	-2.41E+3	158E+3	200.789	-5.908	0.194	68.788
	9:COMBINATIC	-2.4E+3	159E+3	258.505	-4.081	0.195	69.179
	10:COMBINAT	2.39E+3	168E+3	1.49E+3	34.173	-0.165	-67.685
	11:COMBINATI	-2.39E+3	103E+3	-93.540	-9.743	0.189	69.027
	12:COMBINAT	-2.42E+3	102E+3	-208.971	-13.397	0.187	68.245
	13:COMBINAT	2.4E+3	112E+3	1.14E+3	28.512	-0.170	-67.836
	14:COMBINAT	2.37E+3	111E+3	1.02E+3	24.858	-0.173	-68.619
	15:COMBINAT	-688.952	163E+3	823.469	13.570	0.072	22.189
	16:COMBINAT	-779.850	160E+3	438.699	1.392	0.064	19.581
	17:COMBINAT	747.282	166E+3	1.19E+3	25.047	-0.036	-18.870
	18:COMBINAT	656.384	163E+3	807.523	12.868	-0.044	-21.478
	19:COMBINAT	-681.883	107E+3	471.424	7.908	0.066	22.038
	20:COMBINAT	-772.781	104E+3	86.654	-4.270	0.058	19.430
	21:COMBINAT	754.350	110E+3	840.247	19.385	-0.042	-19.021
	22:COMBINAT	754.350	110E+3	840.247	19.385	-0.042	-19.021
7	1:BEAN MATI	553.664	105E+3	-138.874	-2.185	-0.008	-9.003
	2:BEAN HIDL	192.929	17E+3	-39.922	-0.701	-0.002	-3.136
	3:BEAN GEM	-1.86E+3	-12.9E+3	-612.627	-17.334	0.177	59.459
	4:BEAN GEM	35.127	712.242	251.804	7.049	0.004	1.129
	5:COMBINATIC	775.130	146E+3	-194.424	-3.060	-0.011	-12.605
	6:COMBINATIC	973.084	153E+3	-230.524	-3.743	-0.012	-15.822
	7:COMBINATIC	-994.301	130E+3	-743.657	-18.542	0.167	45.857
	8:COMBINATIC	-1E+3	130E+3	-819.198	-20.657	0.166	45.518
	9:COMBINATIC	-994.301	130E+3	-743.657	-18.542	0.167	45.857
	10:COMBINAT	2.73E+3	156E+3	481.597	16.126	-0.187	-73.061
	11:COMBINATI	-1.35E+3	81.4E+3	-662.073	-17.186	0.171	51.694
	12:COMBINAT	-1.37E+3	81E+3	-813.155	-21.416	0.169	51.017



Software licensed to PERACS ENGINEERING CONSULTANT

Job No

Sheet No

4

Rev

Part

Job Title

Ref

By

Date 02-Jun-17

Chd

Client

File APEW SKRIPSI REVISI.:

Date/Time 15-Sep-2017 23:47

Reactions Cont...

Node	L/C	Horizontal	Vertical	Horizontal	Moment		
		FX (kg)	FY (kg)	FZ (kg)	MX (kN·m)	MY (kN·m)	MZ (kN·m)
	13:COMBINAT	2.37E+3	107E+3	563.182	17.482	-0.183	-67.223
	14:COMBINAT	2.35E+3	107E+3	412.099	13.252	-0.185	-67.901
	15:COMBINAT	333.803	139E+3	-138.555	-1.474	0.046	5.026
	16:COMBINAT	263.550	138E+3	-642.163	-15.573	0.038	2.768
	17:COMBINAT	1.45E+3	147E+3	229.021	8.927	-0.060	-30.649
	18:COMBINAT	1.38E+3	146E+3	-274.587	-5.172	-0.068	-32.907
	19:COMBINAT	-25.225	91E+3	-56.971	-0.118	0.050	10.863
	20:COMBINAT	-95.478	89.5E+3	-560.579	-14.216	0.042	8.606
	21:COMBINAT	1.09E+3	98.7E+3	310.605	10.283	-0.056	-24.812
	22:COMBINAT	1.09E+3	98.7E+3	310.605	10.283	-0.056	-24.812
8	1:BEAN MATI	-553.664	105E+3	-138.874	-2.185	0.008	9.003
	2:BEAN HIDL	-192.929	17E+3	-39.922	-0.701	0.002	3.136
	3:BEAN GEM	-1.86E+3	9.43E+3	-837.868	-23.157	0.179	59.439
	4:BEAN GEM	35.127	712.242	251.804	7.049	0.004	1.129
	5:COMBINATIC	-775.130	146E+3	-194.424	-3.060	0.011	12.605
	6:COMBINATIC	-973.083	153E+3	-230.524	-3.743	0.012	15.822
	7:COMBINATIC	-2.71E+3	152E+3	-968.897	-24.365	0.191	73.718
	8:COMBINATIC	-2.72E+3	152E+3	-1.04E+3	-26.480	0.190	73.380
	9:COMBINATIC	-2.71E+3	152E+3	-968.897	-24.365	0.191	73.718
	10:COMBINAT	1.01E+3	133E+3	706.838	21.948	-0.166	-45.160
	11:COMBINATI	-2.35E+3	104E+3	-887.313	-23.009	0.187	67.881
	12:COMBINAT	-2.37E+3	103E+3	-1.04E+3	-27.238	0.185	67.204
	13:COMBINAT	1.37E+3	84.9E+3	788.422	23.305	-0.170	-50.997
	14:COMBINAT	1.35E+3	84.5E+3	637.340	19.075	-0.173	-51.675
	15:COMBINAT	-1.38E+3	146E+3	-206.127	-3.221	0.069	32.901
	16:COMBINAT	-1.45E+3	145E+3	-709.735	-17.320	0.061	30.643
	17:COMBINAT	-263.900	140E+3	296.593	10.673	-0.038	-2.762
	18:COMBINAT	-334.154	139E+3	-207.015	-3.425	-0.046	-5.020
	19:COMBINAT	-1.02E+3	97.7E+3	-124.543	-1.864	0.065	27.064
	20:COMBINAT	-1.09E+3	96.3E+3	-628.151	-15.963	0.057	24.806
	21:COMBINAT	95.128	92E+3	378.178	12.030	-0.042	-8.600
	22:COMBINAT	95.128	92E+3	378.178	12.030	-0.042	-8.600
9	1:BEAN MATI	9.227	144E+3	-172.882	-2.708	-0.007	-0.198
	2:BEAN HIDL	4.087	31.5E+3	-75.846	-1.272	-0.002	-0.082
	3:BEAN GEM	-2.38E+3	-1.27E+3	-667.531	-18.650	0.183	67.800
	4:BEAN GEM	45.079	665.408	254.648	7.094	0.004	1.290
	5:COMBINATIC	12.917	201E+3	-242.035	-3.791	-0.010	-0.277
	6:COMBINATIC	17.611	223E+3	-328.812	-5.285	-0.012	-0.368
	7:COMBINATIC	-2.35E+3	203E+3	-874.441	-21.043	0.174	67.868
	8:COMBINATIC	-2.36E+3	203E+3	-950.836	-23.172	0.172	67.481
	9:COMBINATIC	-2.35E+3	203E+3	-874.441	-21.043	0.174	67.868
	10:COMBINAT	2.41E+3	205E+3	460.621	16.257	-0.192	-67.733
	11:COMBINATI	-2.36E+3	128E+3	-746.731	-18.959	0.178	68.009
	12:COMBINAT	-2.38E+3	128E+3	-899.520	-23.215	0.175	67.235
	13:COMBINAT	2.4E+3	131E+3	588.331	18.342	-0.188	-67.592
	14:COMBINAT	2.37E+3	130E+3	435.542	14.085	-0.191	-68.365
	15:COMBINAT	-653.256	204E+3	-228.916	-3.022	0.048	21.310
	16:COMBINAT	-743.414	203E+3	-738.212	-17.211	0.040	18.731



Software licensed to PERACS ENGINEERING CONSULTANT

Job No

Sheet No

5

Rev

Part

Job Title

Ref

By

Date 02-Jun-17

Chd

Client

File APEW SKRIPSI REVISI.:

Date/Time 15-Sep-2017 23:47

Reactions Cont...

Node	L/C	Horizontal	Vertical	Horizontal	Moment		
		FX (kg)	FY (kg)	FZ (kg)	MX (kN·m)	MY (kN·m)	MZ (kN·m)
	17:COMBINAT	773.732	205E+3	171.603	8.168	-0.062	-19.370
	18:COMBINAT	683.574	204E+3	-337.693	-6.020	-0.069	-21.949
	19:COMBINAT	-660.111	130E+3	-101.205	-0.938	0.052	21.452
	20:COMBINAT	-750.269	128E+3	-610.502	-15.126	0.045	18.872
	21:COMBINAT	766.876	130E+3	299.313	10.252	-0.058	-19.229
	22:COMBINAT	766.876	130E+3	299.313	10.252	-0.058	-19.229
10	1:BEAN MATI	6.755	146E+3	-167.282	-2.595	-0.003	-0.126
	2:BEAN HIDL	2.195	32.4E+3	-73.360	-1.225	-0.001	-0.041
	3:BEAN GEM	-2.34E+3	-1.7E+3	-711.966	-19.816	0.183	67.249
	4:BEAN GEM	44.452	666.643	254.627	7.093	0.004	1.280
	5:COMBINATIC	9.457	205E+3	-234.195	-3.633	-0.005	-0.176
	6:COMBINATIC	11.618	227E+3	-318.115	-5.075	-0.005	-0.216
	7:COMBINATIC	-2.32E+3	206E+3	-909.677	-22.028	0.179	67.441
	8:COMBINATIC	-2.33E+3	206E+3	-986.065	-24.156	0.178	67.057
	9:COMBINATIC	-2.32E+3	206E+3	-909.677	-22.028	0.179	67.441
	10:COMBINAT	2.37E+3	210E+3	514.255	17.604	-0.187	-67.056
	11:COMBINATI	-2.32E+3	130E+3	-786.132	-20.024	0.181	67.520
	12:COMBINAT	-2.35E+3	130E+3	-938.908	-24.280	0.179	66.752
	13:COMBINAT	2.36E+3	133E+3	637.800	19.608	-0.185	-66.978
	14:COMBINAT	2.34E+3	133E+3	485.024	15.352	-0.187	-67.745
	15:COMBINAT	-648.206	208E+3	-233.062	-3.191	0.054	21.263
	16:COMBINAT	-737.109	207E+3	-742.315	-17.378	0.046	18.703
	17:COMBINAT	757.711	209E+3	194.118	8.698	-0.056	-19.086
	18:COMBINAT	668.808	208E+3	-315.136	-5.488	-0.064	-21.646
	19:COMBINAT	-652.427	132E+3	-109.517	-1.187	0.056	21.341
	20:COMBINAT	-741.331	130E+3	-618.771	-15.374	0.048	18.782
	21:COMBINAT	753.489	133E+3	317.662	10.702	-0.054	-19.008
	22:COMBINAT	753.489	133E+3	317.662	10.702	-0.054	-19.008
11	1:BEAN MATI	-6.755	146E+3	-167.282	-2.595	0.003	0.126
	2:BEAN HIDL	-2.195	32.4E+3	-73.360	-1.225	0.001	0.041
	3:BEAN GEM	-2.34E+3	-1.79E+3	-757.263	-20.997	0.179	67.245
	4:BEAN GEM	44.452	666.643	254.627	7.093	0.004	1.280
	5:COMBINATIC	-9.457	205E+3	-234.195	-3.633	0.005	0.176
	6:COMBINATIC	-11.618	227E+3	-318.115	-5.075	0.005	0.216
	7:COMBINATIC	-2.34E+3	206E+3	-954.974	-23.209	0.185	67.820
	8:COMBINATIC	-2.35E+3	206E+3	-1.03E+3	-25.337	0.184	67.436
	9:COMBINATIC	-2.34E+3	206E+3	-954.974	-23.209	0.185	67.820
	10:COMBINAT	2.35E+3	210E+3	559.552	18.785	-0.173	-66.670
	11:COMBINATI	-2.34E+3	130E+3	-831.429	-21.205	0.183	67.742
	12:COMBINAT	-2.36E+3	130E+3	-984.206	-25.461	0.181	66.974
	13:COMBINAT	2.35E+3	134E+3	683.097	20.789	-0.175	-66.748
	14:COMBINAT	2.32E+3	133E+3	530.321	16.533	-0.178	-67.516
	15:COMBINAT	-668.769	208E+3	-246.651	-3.546	0.063	21.645
	16:COMBINAT	-757.673	207E+3	-755.904	-17.732	0.055	19.085
	17:COMBINAT	737.071	209E+3	207.707	9.053	-0.045	-18.702
	18:COMBINAT	648.167	208E+3	-301.547	-5.134	-0.053	-21.262
	19:COMBINAT	-664.548	132E+3	-123.107	-1.542	0.061	21.566
	20:COMBINAT	-753.451	130E+3	-632.360	-15.728	0.053	19.007



Software licensed to PERACS ENGINEERING CONSULTANT

Job No

Sheet No

1

Rev

Part

Job Title

Ref

By

Date 02-Jun-17

Chd

Client

File APEW SKRIPSI REVISI.:

Date/Time 15-Sep-2017 23:47

Beam Maximum Moments

Distances to maxima are given from beam end A.

Beam	Node A	Length (m)	L/C		d (m)	Max My (kN·m)	d (m)	Max Mz (kN·m)
49	1	5.000	1:BEBAN MATI	Max +ve	5.000	13.288	5.000	15.488
				Max -ve	0.000	-6.615	0.000	-7.728
			2:BEBAN HIDU	Max +ve	5.000	3.384	5.000	3.873
				Max -ve	0.000	-1.581	0.000	-1.939
			3:BEBAN GEM	Max +ve	0.000	14.975	0.000	60.118
				Max -ve	5.000	-7.871	5.000	-32.039
			4:BEBAN GEM	Max +ve	0.000	6.048	0.000	1.142
				Max -ve				
			5:COMBINATI	Max +ve	5.000	18.604	5.000	21.683
				Max -ve	0.000	-9.260	0.000	-10.819
			6:COMBINATI	Max +ve	5.000	21.361	5.000	24.782
				Max -ve	0.000	-10.467	0.000	-12.375
			7:COMBINATI	Max +ve	4.583	11.704	0.000	49.249
				Max -ve			5.000	-9.760
			8:COMBINATI	Max +ve	5.000	11.459	0.000	48.906
				Max -ve			5.000	-9.580
			9:COMBINATI	Max +ve	4.583	11.704	0.000	49.249
				Max -ve			5.000	-9.760
			10:COMBINAT	Max +ve	5.000	26.224	5.000	54.318
				Max -ve	0.000	-22.679	0.000	-70.987
			11:COMBINATI	Max +ve	0.000	10.836	0.000	53.506
				Max -ve			5.000	-18.279
			12:COMBINAT	Max +ve	0.000	7.208	0.000	52.820
				Max -ve			5.000	-17.920
			13:COMBINAT	Max +ve	5.000	18.853	5.000	45.799
				Max -ve	0.000	-19.114	0.000	-66.730
			14:COMBINAT	Max +ve	5.000	20.809	5.000	46.158
				Max -ve	0.000	-22.743	0.000	-67.415
			15:COMBINAT	Max +ve	4.583	17.620	4.583	12.798
				Max -ve				
			16:COMBINAT	Max +ve	5.000	20.228	5.000	13.445
				Max -ve	0.000	-11.073		
			17:COMBINAT	Max +ve	4.583	21.200	5.000	31.473
				Max -ve	0.000	-7.963	0.000	-28.105
			18:COMBINAT	Max +ve	5.000	24.951	5.000	32.668
				Max -ve	0.000	-20.058	0.000	-30.390
			19:COMBINAT	Max +ve	4.583	11.160	0.000	12.223
				Max -ve				
			20:COMBINAT	Max +ve	5.000	12.857	0.000	9.938
				Max -ve	0.000	-7.508		
			21:COMBINAT	Max +ve	4.583	14.741	5.000	22.953
				Max -ve	0.000	-4.398	0.000	-23.848
			22:COMBINAT	Max +ve	4.583	14.741	5.000	22.953
				Max -ve	0.000	-4.398	0.000	-23.848
50	2	5.000	1:BEBAN MATI	Max +ve	5.000	13.288	0.000	7.728
				Max -ve	0.000	-6.615	5.000	-15.488
			2:BEBAN HIDU	Max +ve	5.000	3.384	0.000	1.939
				Max -ve	0.000	-1.581	5.000	-3.873



Software licensed to PERACS ENGINEERING CONSULTANT

Job No

Sheet No

2

Rev

Part

Job Title

Ref

By

Date 02-Jun-17

Chd

Client

File APEW SKRIPSI REVISI.:

Date/Time 15-Sep-2017 23:47

Beam Maximum Moments Cont...

Beam	Node A	Length (m)	L/C		d (m)	Max My (kN·m)	d (m)	Max Mz (kN·m)
			3: BEBAN GEM	Max +ve	0.000	19.796	0.000	59.982
				Max -ve	5.000	-11.126	5.000	-31.798
			4: BEBAN GEM	Max +ve	0.000	6.048	0.000	1.142
				Max -ve				
			5: COMBINATIK	Max +ve	5.000	18.604	0.000	10.819
				Max -ve	0.000	-9.260	5.000	-21.683
			6: COMBINATIK	Max +ve	5.000	21.361	0.000	12.375
				Max -ve	0.000	-10.467	5.000	-24.782
			7: COMBINATIK	Max +ve	0.000	12.092	0.000	71.536
				Max -ve			5.000	-54.436
			8: COMBINATIK	Max +ve	0.000	10.277	0.000	71.194
				Max -ve			5.000	-54.256
			9: COMBINATIK	Max +ve	0.000	12.092	0.000	71.536
				Max -ve			5.000	-54.436
			10: COMBINAT	Max +ve	5.000	29.479	5.000	9.160
				Max -ve	0.000	-27.500	0.000	-48.427
			11: COMBINATI	Max +ve	0.000	15.657	0.000	67.279
				Max -ve	5.000	-0.144	5.000	-45.916
			12: COMBINAT	Max +ve	0.000	12.028	0.000	66.594
				Max -ve			5.000	-45.557
			13: COMBINAT	Max +ve	5.000	22.108	5.000	17.679
				Max -ve	0.000	-23.934	0.000	-52.684
			14: COMBINAT	Max +ve	5.000	24.064	5.000	18.038
				Max -ve	0.000	-27.563	0.000	-53.370
			15: COMBINAT	Max +ve	4.583	16.845	0.000	30.349
				Max -ve			5.000	-32.596
			16: COMBINAT	Max +ve	5.000	19.252	0.000	28.064
				Max -ve	0.000	-9.627	5.000	-31.400
			17: COMBINAT	Max +ve	4.583	21.975		
				Max -ve	0.000	-9.409	5.000	-13.517
			18: COMBINAT	Max +ve	5.000	25.928		
				Max -ve	0.000	-21.505	4.583	-12.861
			19: COMBINAT	Max +ve	4.583	10.386	0.000	26.092
				Max -ve			5.000	-24.076
			20: COMBINAT	Max +ve	5.000	11.881	0.000	23.807
				Max -ve	0.000	-6.062	5.000	-22.881
			21: COMBINAT	Max +ve	4.583	15.515		
				Max -ve	0.000	-5.844	0.000	-9.897
			22: COMBINAT	Max +ve	4.583	15.515		
				Max -ve	0.000	-5.844	0.000	-9.897
51	3	5.000	1: BEBAN MATI	Max +ve	5.000	16.852	5.000	0.275
				Max -ve	0.000	-8.397	0.000	-0.227
			2: BEBAN HIDU	Max +ve	5.000	6.544	5.000	0.113
				Max -ve	0.000	-3.143	0.000	-0.083
			3: BEBAN GEM	Max +ve	0.000	15.912	0.000	68.442
				Max -ve	5.000	-8.487	5.000	-48.934
			4: BEBAN GEM	Max +ve	0.000	6.089	0.000	1.304
				Max -ve				
			5: COMBINATIK	Max +ve	5.000	23.593	5.000	0.385



Software licensed to PERACS ENGINEERING CONSULTANT

Job No

Sheet No

3

Rev

Part

Job Title

Ref

By

Date 02-Jun-17

Chd

Client

File APEW SKRIPSI REVISI.:

Date/Time 15-Sep-2017 23:47

Beam Maximum Moments Cont...

Beam	Node A	Length (m)	L/C		d (m)	Max My (kN·m)	d (m)	Max Mz (kN·m)
				Max -ve	0.000	-11.756	0.000	-0.318
			6:COMBINAT	Max +ve	5.000	30.694	5.000	0.510
				Max -ve	0.000	-15.105	0.000	-0.406
			7:COMBINAT	Max +ve	4.583	17.749	0.000	68.477
				Max -ve			5.000	-48.769
			8:COMBINAT	Max +ve	5.000	18.281	0.000	68.086
				Max -ve			5.000	-48.492
			9:COMBINAT	Max +ve	4.583	17.749	0.000	68.477
				Max -ve			5.000	-48.769
			10:COMBINAT	Max +ve	5.000	34.251	5.000	49.100
				Max -ve	0.000	-27.304	0.000	-68.406
			11:COMBINAT	Max +ve	0.000	10.181	0.000	68.629
				Max -ve			5.000	-48.964
			12:COMBINAT	Max +ve	5.000	7.684	0.000	67.846
				Max -ve			5.000	-48.409
			13:COMBINAT	Max +ve	5.000	22.650	5.000	48.904
				Max -ve	0.000	-21.642	0.000	-68.255
			14:COMBINAT	Max +ve	5.000	24.657	5.000	49.459
				Max -ve	0.000	-25.296	0.000	-69.037
			15:COMBINAT	Max +ve	4.583	24.057	0.000	21.481
				Max -ve	0.000	-2.356	5.000	-15.162
			16:COMBINAT	Max +ve	5.000	27.565	0.000	18.873
				Max -ve	0.000	-14.535	5.000	-13.313
			17:COMBINAT	Max +ve	4.583	27.929	5.000	14.198
				Max -ve	0.000	-11.903	0.000	-19.584
			18:COMBINAT	Max +ve	5.000	32.657	5.000	16.048
				Max -ve	0.000	-24.082	0.000	-22.192
			19:COMBINAT	Max +ve	4.583	13.895	0.000	21.632
				Max -ve			5.000	-15.357
			20:COMBINAT	Max +ve	5.000	15.965	0.000	19.024
				Max -ve	0.000	-8.873	5.000	-13.508
			21:COMBINAT	Max +ve	4.583	17.767	5.000	14.003
				Max -ve	0.000	-6.242	0.000	-19.433
			22:COMBINAT	Max +ve	4.583	17.767	5.000	14.003
				Max -ve	0.000	-6.242	0.000	-19.433
52	4	5.000	1:BEBAN MAT	Max +ve	5.000	16.938	5.000	0.195
				Max -ve	0.000	-8.468	0.000	-0.128
			2:BEBAN HIDU	Max +ve	5.000	6.598	5.000	0.055
				Max -ve	0.000	-3.178	0.000	-0.037
			3:BEBAN GEM	Max +ve	0.000	17.001	0.000	67.903
				Max -ve	5.000	-9.353	5.000	-47.792
			4:BEBAN GEM	Max +ve	0.000	6.088	0.000	1.294
				Max -ve				
			5:COMBINAT	Max +ve	5.000	23.713	5.000	0.273
				Max -ve	0.000	-11.855	0.000	-0.179
			6:COMBINAT	Max +ve	5.000	30.882	5.000	0.321
				Max -ve	0.000	-15.246	0.000	-0.212
			7:COMBINAT	Max +ve	4.583	17.178	0.000	68.101
				Max -ve			5.000	-47.775



Software licensed to PERACS ENGINEERING CONSULTANT

Job No

Sheet No

4

Rev

Part

Job Title

Ref

By

Date 02-Jun-17

Chd

Client

File APEW SKRIPSI REVISI.:

Date/Time 15-Sep-2017 23:47

Beam Maximum Moments Cont...

Beam	Node A	Length (m)	L/C		d (m)	Max My (kN·m)	d (m)	Max Mz (kN·m)
			8:COMBINAT	Max +ve	5.000	17.570	0.000	67.713
				Max -ve			5.000	-47.503
			9:COMBINAT	Max +ve	4.583	17.178	0.000	68.101
				Max -ve			5.000	-47.775
			10:COMBINAT	Max +ve	5.000	35.274	5.000	47.810
				Max -ve	0.000	-28.514	0.000	-67.705
			11:COMBINAT	Max +ve	0.000	11.207	0.000	68.176
				Max -ve			5.000	-47.888
			12:COMBINAT	Max +ve	0.000	7.554	0.000	67.400
				Max -ve			5.000	-47.345
			13:COMBINAT	Max +ve	5.000	23.595	5.000	47.697
				Max -ve	0.000	-22.796	0.000	-67.630
			14:COMBINAT	Max +ve	5.000	25.600	5.000	48.239
				Max -ve	0.000	-26.449	0.000	-68.407
			15:COMBINAT	Max +ve	4.583	23.977	0.000	21.475
				Max -ve	0.000	-2.151	5.000	-14.953
			16:COMBINAT	Max +ve	5.000	27.459	0.000	18.887
				Max -ve	0.000	-14.326	5.000	-13.145
			17:COMBINAT	Max +ve	4.583	28.271	5.000	13.722
				Max -ve	0.000	-12.352	0.000	-19.267
			18:COMBINAT	Max +ve	5.000	33.071	5.000	15.531
				Max -ve	0.000	-24.527	0.000	-21.855
			19:COMBINAT	Max +ve	4.583	13.748	0.000	21.550
				Max -ve			5.000	-15.066
			20:COMBINAT	Max +ve	5.000	15.780	0.000	18.962
				Max -ve	0.000	-8.608	5.000	-13.258
			21:COMBINAT	Max +ve	4.583	18.042	5.000	13.609
				Max -ve	0.000	-6.634	0.000	-19.192
			22:COMBINAT	Max +ve	4.583	18.042	5.000	13.609
				Max -ve	0.000	-6.634	0.000	-19.192
53	5	5.000	1:BEBAN MAT	Max +ve	5.000	16.938	0.000	0.128
				Max -ve	0.000	-8.468	5.000	-0.195
			2:BEBAN HID	Max +ve	5.000	6.598	0.000	0.037
				Max -ve	0.000	-3.178	5.000	-0.055
			3:BEBAN GEM	Max +ve	0.000	18.058	0.000	67.895
				Max -ve	5.000	-10.153	5.000	-47.787
			4:BEBAN GEM	Max +ve	0.000	6.088	0.000	1.294
				Max -ve				
			5:COMBINAT	Max +ve	5.000	23.713	0.000	0.179
				Max -ve	0.000	-11.855	5.000	-0.273
			6:COMBINAT	Max +ve	5.000	30.882	0.000	0.212
				Max -ve	0.000	-15.246	5.000	-0.321
			7:COMBINAT	Max +ve	4.583	16.533	0.000	68.473
				Max -ve			5.000	-48.347
			8:COMBINAT	Max +ve	5.000	16.770	0.000	68.085
				Max -ve			5.000	-48.076
			9:COMBINAT	Max +ve	4.583	16.533	0.000	68.473
				Max -ve			5.000	-48.347
			10:COMBINAT	Max +ve	5.000	36.074	5.000	47.227



Software licensed to PERACS ENGINEERING CONSULTANT

Job No

Sheet No

5

Rev

Part

Job Title

Ref

By

Date 02-Jun-17

Chd

Client

File APEW SKRIPSI REVISI.:

Date/Time 15-Sep-2017 23:47

Beam Maximum Moments Cont...

Beam	Node A	Length (m)	L/C		d (m)	Max My (kN·m)	d (m)	Max Mz (kN·m)
				Max -ve	0.000	-29.571	0.000	-67.316
			11:COMBINATI	Max +ve	0.000	12.263	0.000	68.398
				Max -ve			5.000	-48.234
			12:COMBINAT	Max +ve	0.000	8.611	0.000	67.621
				Max -ve			5.000	-47.692
			13:COMBINAT	Max +ve	5.000	24.395	5.000	47.340
				Max -ve	0.000	-23.853	0.000	-67.391
			14:COMBINAT	Max +ve	5.000	26.400	5.000	47.883
				Max -ve	0.000	-27.505	0.000	-68.168
			15:COMBINAT	Max +ve	4.583	23.783	0.000	21.853
				Max -ve	0.000	-1.834	5.000	-15.529
			16:COMBINAT	Max +ve	5.000	27.219	0.000	19.264
				Max -ve	0.000	-14.009	5.000	-13.721
			17:COMBINAT	Max +ve	4.583	28.465	5.000	13.143
				Max -ve	0.000	-12.669	0.000	-18.884
			18:COMBINAT	Max +ve	5.000	33.311	5.000	14.952
				Max -ve	0.000	-24.844	0.000	-21.473
			19:COMBINAT	Max +ve	4.583	13.554	0.000	21.778
				Max -ve			5.000	-15.416
			20:COMBINAT	Max +ve	5.000	15.540	0.000	19.189
				Max -ve	0.000	-8.291	5.000	-13.607
			21:COMBINAT	Max +ve	4.583	18.235	5.000	13.256
				Max -ve	0.000	-6.951	0.000	-18.959
			22:COMBINAT	Max +ve	4.583	18.235	5.000	13.256
				Max -ve	0.000	-6.951	0.000	-18.959
54	6	5.000	1:BEBAN MATI	Max +ve	5.000	16.852	0.000	0.227
				Max -ve	0.000	-8.397	5.000	-0.275
			2:BEBAN HIDL	Max +ve	5.000	6.544	0.000	0.083
				Max -ve	0.000	-3.143	5.000	-0.113
			3:BEBAN GEM	Max +ve	0.000	19.127	0.000	68.432
				Max -ve	5.000	-11.014	5.000	-48.940
			4:BEBAN GEM	Max +ve	0.000	6.089	0.000	1.304
				Max -ve				
			5:COMBINATIK	Max +ve	5.000	23.593	0.000	0.318
				Max -ve	0.000	-11.756	5.000	-0.385
			6:COMBINATIK	Max +ve	5.000	30.694	0.000	0.406
				Max -ve	0.000	-15.105	5.000	-0.510
			7:COMBINATIK	Max +ve	4.583	15.701	0.000	69.179
				Max -ve			5.000	-49.660
			8:COMBINATIK	Max +ve	5.000	15.754	0.000	68.788
				Max -ve			5.000	-49.383
			9:COMBINATIK	Max +ve	4.583	15.701	0.000	69.179
				Max -ve			5.000	-49.660
			10:COMBINAT	Max +ve	5.000	36.778	5.000	48.220
				Max -ve	0.000	-30.520	0.000	-67.685
			11:COMBINATI	Max +ve	0.000	13.397	0.000	69.027
				Max -ve			5.000	-49.465
			12:COMBINAT	Max +ve	0.000	9.743	0.000	68.245
				Max -ve			5.000	-48.910



Software licensed to PERACS ENGINEERING CONSULTANT

Job No

Sheet No

6

Rev

Part

Job Title

Ref

By

Date 02-Jun-17

Chd

Client

File APEW SKRIPSI REVISI.:

Date/Time 15-Sep-2017 23:47

Beam Maximum Moments Cont...

Beam	Node A	Length (m)	L/C		d (m)	Max My (kN·m)	d (m)	Max Mz (kN·m)
			13:COMBINAT	Max +ve	5.000	25.178	5.000	48.415
				Max -ve	0.000	-24.858	0.000	-67.836
			14:COMBINAT	Max +ve	5.000	27.184	5.000	48.970
				Max -ve	0.000	-28.512	0.000	-68.619
			15:COMBINAT	Max +ve	4.583	23.442	0.000	22.189
				Max -ve	0.000	-1.392	5.000	-16.049
			16:COMBINAT	Max +ve	5.000	26.807	0.000	19.581
				Max -ve	0.000	-13.570	5.000	-14.200
			17:COMBINAT	Max +ve	4.583	28.543	5.000	13.315
				Max -ve	0.000	-12.868	0.000	-18.870
			18:COMBINAT	Max +ve	5.000	33.415	5.000	15.164
				Max -ve	0.000	-25.047	0.000	-21.478
			19:COMBINAT	Max +ve	4.583	13.281	0.000	22.038
				Max -ve			5.000	-15.854
			20:COMBINAT	Max +ve	5.000	15.207	0.000	19.430
				Max -ve	0.000	-7.908	5.000	-14.005
			21:COMBINAT	Max +ve	4.583	18.382	5.000	13.510
				Max -ve	0.000	-7.206	0.000	-19.021
			22:COMBINAT	Max +ve	4.583	18.382	5.000	13.510
				Max -ve	0.000	-7.206	0.000	-19.021
55	7	5.000	1:BEBAN MATI	Max +ve	0.000	2.185	5.000	18.144
				Max -ve	5.000	-4.624	0.000	-9.003
			2:BEBAN HIDU	Max +ve	0.000	0.701	5.000	6.324
				Max -ve	5.000	-1.257	0.000	-3.136
			3:BEBAN GEM	Max +ve	0.000	17.334	0.000	59.459
				Max -ve	5.000	-12.705	5.000	-31.849
			4:BEBAN GEM	Max +ve	0.000	7.049	0.000	1.129
				Max -ve				
			5:COMBINATIK	Max +ve	0.000	3.060	5.000	25.402
				Max -ve	5.000	-6.474	0.000	-12.605
			6:COMBINATIK	Max +ve	0.000	3.743	5.000	31.891
				Max -ve	5.000	-7.560	0.000	-15.822
			7:COMBINATIK	Max +ve	0.000	22.772	0.000	45.857
				Max -ve	5.000	-21.100	5.000	-3.930
			8:COMBINATIK	Max +ve	0.000	20.657	0.000	45.518
				Max -ve	5.000	-19.511	5.000	-3.752
			9:COMBINATIK	Max +ve	0.000	22.772	0.000	45.857
				Max -ve	5.000	-21.100	5.000	-3.930
			10:COMBINAT	Max +ve	4.583	5.521	5.000	59.768
				Max -ve	0.000	-11.896	0.000	-73.061
			11:COMBINATI	Max +ve	0.000	21.416	0.000	51.694
				Max -ve	5.000	-18.456	5.000	-15.697
			12:COMBINAT	Max +ve	0.000	17.186	0.000	51.017
				Max -ve	5.000	-15.278	5.000	-15.341
			13:COMBINAT	Max +ve	4.583	7.832	5.000	48.001
				Max -ve	0.000	-13.252	0.000	-67.223
			14:COMBINAT	Max +ve	5.000	10.133	5.000	48.357
				Max -ve	0.000	-17.482	0.000	-67.901
			15:COMBINAT	Max +ve	0.000	15.573	5.000	17.949



Software licensed to PERACS ENGINEERING CONSULTANT

Job No

Sheet No

7

Rev

Part

Job Title

Ref

By

Date 02-Jun-17

Chd

Client

File APEW SKRIPSI REVISI.:

Date/Time 15-Sep-2017 23:47

Beam Maximum Moments Cont...

Beam	Node A	Length (m)	L/C		d (m)	Max My (kN·m)	d (m)	Max Mz (kN·m)
				Max -ve	5.000	-15.915		
			16:COMBINAT	Max +ve	0.000	1.474	5.000	19.136
				Max -ve	4.583	-13.291		
			17:COMBINAT	Max +ve	0.000	5.172	5.000	37.058
				Max -ve	5.000	-8.292	0.000	-30.649
			18:COMBINAT	Max +ve	5.000	2.303	5.000	38.245
				Max -ve	0.000	-8.927	0.000	-32.907
			19:COMBINAT	Max +ve	0.000	14.216	0.000	10.863
				Max -ve	5.000	-13.271		
			20:COMBINAT	Max +ve	0.000	0.118	0.000	8.606
				Max -ve	4.583	-10.980		
			21:COMBINAT	Max +ve	0.000	3.816	5.000	25.291
				Max -ve	5.000	-5.647	0.000	-24.812
			22:COMBINAT	Max +ve	0.000	3.816	5.000	25.291
				Max -ve	5.000	-5.647	0.000	-24.812
56	8	5.000	1:BEBAN MAT	Max +ve	0.000	2.185	0.000	9.003
				Max -ve	5.000	-4.624	5.000	-18.144
			2:BEBAN HIDU	Max +ve	0.000	0.701	0.000	3.136
				Max -ve	5.000	-1.257	5.000	-6.324
			3:BEBAN GEM	Max +ve	0.000	23.157	0.000	59.439
				Max -ve	5.000	-17.927	5.000	-31.812
			4:BEBAN GEM	Max +ve	0.000	7.049	0.000	1.129
				Max -ve				
			5:COMBINAT	Max +ve	0.000	3.060	0.000	12.605
				Max -ve	5.000	-6.474	5.000	-25.402
			6:COMBINAT	Max +ve	0.000	3.743	0.000	15.822
				Max -ve	5.000	-7.560	5.000	-31.891
			7:COMBINAT	Max +ve	0.000	28.595	0.000	73.718
				Max -ve	5.000	-26.322	5.000	-60.087
			8:COMBINAT	Max +ve	0.000	26.480	0.000	73.380
				Max -ve	5.000	-24.732	5.000	-59.909
			9:COMBINAT	Max +ve	0.000	28.595	0.000	73.718
				Max -ve	5.000	-26.322	5.000	-60.087
			10:COMBINAT	Max +ve	4.583	9.822	5.000	3.536
				Max -ve	0.000	-17.719	0.000	-45.160
			11:COMBINAT	Max +ve	0.000	27.238	0.000	67.881
				Max -ve	5.000	-23.677	5.000	-48.320
			12:COMBINAT	Max +ve	0.000	23.009	0.000	67.204
				Max -ve	5.000	-20.499	5.000	-47.964
			13:COMBINAT	Max +ve	5.000	12.176	5.000	15.303
				Max -ve	0.000	-19.075	0.000	-50.997
			14:COMBINAT	Max +ve	5.000	15.354	5.000	15.660
				Max -ve	0.000	-23.305	0.000	-51.675
			15:COMBINAT	Max +ve	0.000	17.320	0.000	32.901
				Max -ve	5.000	-17.481	5.000	-38.234
			16:COMBINAT	Max +ve	0.000	3.221	0.000	30.643
				Max -ve	4.583	-14.581	5.000	-37.047
			17:COMBINAT	Max +ve	0.000	3.425		
				Max -ve	5.000	-6.725	5.000	-19.147



Software licensed to PERACS ENGINEERING CONSULTANT

Job No

Sheet No

8

Rev

Part

Job Title

Ref

By

Date 02-Jun-17

Chd

Client

File APEW SKRIPSI REVISI.:

Date/Time 15-Sep-2017 23:47

Beam Maximum Moments Cont...

Beam	Node A	Length (m)	L/C		d (m)	Max My (kN·m)	d (m)	Max Mz (kN·m)
			18:COMBINAT	Max +ve	5.000	3.870		
				Max -ve	0.000	-10.673	5.000	-17.960
			19:COMBINAT	Max +ve	0.000	15.963	0.000	27.064
				Max -ve	5.000	-14.837	5.000	-26.467
			20:COMBINAT	Max +ve	0.000	1.864	0.000	24.806
				Max -ve	4.583	-12.270	5.000	-25.280
			21:COMBINAT	Max +ve	4.583	4.968		
				Max -ve	5.000	-4.081	0.000	-8.600
			22:COMBINAT	Max +ve	4.583	4.968		
				Max -ve	5.000	-4.081	0.000	-8.600
57	9	5.000	1:BEBAN MAT	Max +ve	0.000	2.708	5.000	0.254
				Max -ve	5.000	-5.769	0.000	-0.198
			2:BEBAN HIDU	Max +ve	0.000	1.272	5.000	0.119
				Max -ve	5.000	-2.447	0.000	-0.082
			3:BEBAN GEM	Max +ve	0.000	18.650	0.000	67.800
				Max -ve	5.000	-14.081	5.000	-48.816
			4:BEBAN GEM	Max +ve	0.000	7.094	0.000	1.290
				Max -ve				
			5:COMBINAT	Max +ve	0.000	3.791	5.000	0.356
				Max -ve	5.000	-8.077	0.000	-0.277
			6:COMBINAT	Max +ve	0.000	5.285	5.000	0.495
				Max -ve	5.000	-10.838	0.000	-0.368
			7:COMBINAT	Max +ve	0.000	25.300	0.000	67.868
				Max -ve	5.000	-25.068	5.000	-48.668
			8:COMBINAT	Max +ve	0.000	23.172	0.000	67.481
				Max -ve	5.000	-23.451	5.000	-48.392
			9:COMBINAT	Max +ve	0.000	25.300	0.000	67.868
				Max -ve	5.000	-25.068	5.000	-48.668
			10:COMBINAT	Max +ve	4.583	4.447	5.000	48.964
				Max -ve	0.000	-12.001	0.000	-67.733
			11:COMBINAT	Max +ve	0.000	23.215	0.000	68.009
				Max -ve	5.000	-20.891	5.000	-48.863
			12:COMBINAT	Max +ve	0.000	18.959	0.000	67.235
				Max -ve	5.000	-17.656	5.000	-48.311
			13:COMBINAT	Max +ve	4.583	8.102	5.000	48.769
				Max -ve	0.000	-14.085	0.000	-67.592
			14:COMBINAT	Max +ve	5.000	10.506	5.000	49.321
				Max -ve	0.000	-18.342	0.000	-68.365
			15:COMBINAT	Max +ve	0.000	17.211	0.000	21.310
				Max -ve	5.000	-18.986	5.000	-15.142
			16:COMBINAT	Max +ve	0.000	3.022	0.000	18.731
				Max -ve	4.583	-15.970	5.000	-13.300
			17:COMBINAT	Max +ve	0.000	6.020	5.000	14.148
				Max -ve	5.000	-10.538	0.000	-19.370
			18:COMBINAT	Max +ve	5.000	0.247	5.000	15.989
				Max -ve	4.583	-9.158	0.000	-21.949
			19:COMBINAT	Max +ve	0.000	15.126	0.000	21.452
				Max -ve	5.000	-14.809	5.000	-15.337
			20:COMBINAT	Max +ve	0.000	0.938	0.000	18.872



Software licensed to PERACS ENGINEERING CONSULTANT

Job No

Sheet No

9

Rev

Part

Job Title

Ref

By

Date 02-Jun-17

Chd

Client

File APEW SKRIPSI REVISI.:

Date/Time 15-Sep-2017 23:47

Beam Maximum Moments Cont...

Beam	Node A	Length (m)	L/C		d (m)	Max My (kN·m)	d (m)	Max Mz (kN·m)
				Max -ve	4.583	-12.314	5.000	-13.495
			21:COMBINAT	Max +ve	0.000	3.936	5.000	13.953
				Max -ve	5.000	-6.360	0.000	-19.229
			22:COMBINAT	Max +ve	0.000	3.936	5.000	13.953
				Max -ve	5.000	-6.360	0.000	-19.229
58	10	5.000	1:BEBAN MAT	Max +ve	0.000	2.595	5.000	0.206
				Max -ve	5.000	-5.607	0.000	-0.126
			2:BEBAN HIDU	Max +ve	0.000	1.225	5.000	0.067
				Max -ve	5.000	-2.372	0.000	-0.041
			3:BEBAN GEM	Max +ve	0.000	19.816	0.000	67.249
				Max -ve	5.000	-15.094	5.000	-47.646
			4:BEBAN GEM	Max +ve	0.000	7.093	0.000	1.280
				Max -ve				
			5:COMBINAT	Max +ve	0.000	3.633	5.000	0.288
				Max -ve	5.000	-7.850	0.000	-0.176
			6:COMBINAT	Max +ve	0.000	5.075	5.000	0.354
				Max -ve	5.000	-10.523	0.000	-0.216
			7:COMBINAT	Max +ve	0.000	26.284	0.000	67.441
				Max -ve	5.000	-25.812	5.000	-47.602
			8:COMBINAT	Max +ve	0.000	24.156	0.000	67.057
				Max -ve	5.000	-24.194	5.000	-47.332
			9:COMBINAT	Max +ve	0.000	26.284	0.000	67.441
				Max -ve	5.000	-25.812	5.000	-47.602
			10:COMBINAT	Max +ve	4.583	5.510	5.000	47.690
				Max -ve	0.000	-13.348	0.000	-67.056
			11:COMBINAT	Max +ve	0.000	24.280	0.000	67.520
				Max -ve	5.000	-21.758	5.000	-47.731
			12:COMBINAT	Max +ve	0.000	20.024	0.000	66.752
				Max -ve	5.000	-18.523	5.000	-47.191
			13:COMBINAT	Max +ve	4.583	9.059	5.000	47.561
				Max -ve	0.000	-15.352	0.000	-66.978
			14:COMBINAT	Max +ve	5.000	11.665	5.000	48.101
				Max -ve	0.000	-19.608	0.000	-67.745
			15:COMBINAT	Max +ve	0.000	17.378	0.000	21.263
				Max -ve	5.000	-19.020	5.000	-14.880
			16:COMBINAT	Max +ve	0.000	3.191	0.000	18.703
				Max -ve	4.583	-15.987	5.000	-13.080
			17:COMBINAT	Max +ve	0.000	5.488	5.000	13.708
				Max -ve	5.000	-9.964	0.000	-19.086
			18:COMBINAT	Max +ve	5.000	0.820	5.000	15.507
				Max -ve	0.000	-8.698	0.000	-21.646
			19:COMBINAT	Max +ve	0.000	15.374	0.000	21.341
				Max -ve	5.000	-14.966	5.000	-15.008
			20:COMBINAT	Max +ve	0.000	1.187	0.000	18.782
				Max -ve	4.583	-12.438	5.000	-13.209
			21:COMBINAT	Max +ve	4.583	3.576	5.000	13.579
				Max -ve	5.000	-5.910	0.000	-19.008
			22:COMBINAT	Max +ve	4.583	3.576	5.000	13.579
				Max -ve	5.000	-5.910	0.000	-19.008



Software licensed to PERACS ENGINEERING CONSULTANT

Job No

Sheet No

10

Rev

Part

Job Title

Ref

By

Date 02-Jun-17

Chd

Client

File APEW SKRIPSI REVISI.:

Date/Time 15-Sep-2017 23:47

Beam Maximum Moments Cont...

Beam	Node A	Length (m)	L/C		d (m)	Max My (kN·m)	d (m)	Max Mz (kN·m)
59	11	5.000	1: BEBAN MAT	Max +ve	0.000	2.595	0.000	0.126
				Max -ve	5.000	-5.607	5.000	-0.206
			2: BEBAN HIDU	Max +ve	0.000	1.225	0.000	0.041
				Max -ve	5.000	-2.372	5.000	-0.067
			3: BEBAN GEM	Max +ve	0.000	20.997	0.000	67.245
				Max -ve	5.000	-16.134	5.000	-47.643
			4: BEBAN GEM	Max +ve	0.000	7.093	0.000	1.280
				Max -ve				
			5: COMBINATIK	Max +ve	0.000	3.633	0.000	0.176
				Max -ve	5.000	-7.850	5.000	-0.288
			6: COMBINATIK	Max +ve	0.000	5.075	0.000	0.216
				Max -ve	5.000	-10.523	5.000	-0.354
			7: COMBINATIK	Max +ve	0.000	27.465	0.000	67.820
				Max -ve	5.000	-26.852	5.000	-48.227
			8: COMBINATIK	Max +ve	0.000	25.337	0.000	67.436
				Max -ve	5.000	-25.234	5.000	-47.957
			9: COMBINATIK	Max +ve	0.000	27.465	0.000	67.820
				Max -ve	5.000	-26.852	5.000	-48.227
			10: COMBINAT	Max +ve	4.583	6.365	5.000	47.060
				Max -ve	0.000	-14.529	0.000	-66.670
			11: COMBINATI	Max +ve	0.000	25.461	0.000	67.742
				Max -ve	5.000	-22.798	5.000	-48.098
			12: COMBINAT	Max +ve	0.000	21.205	0.000	66.974
				Max -ve	5.000	-19.563	5.000	-47.558
			13: COMBINAT	Max +ve	4.583	9.914	5.000	47.188
				Max -ve	0.000	-16.533	0.000	-66.748
			14: COMBINAT	Max +ve	5.000	12.705	5.000	47.728
				Max -ve	0.000	-20.789	0.000	-67.516
			15: COMBINAT	Max +ve	0.000	17.732	0.000	21.645
				Max -ve	5.000	-19.332	5.000	-15.507
			16: COMBINAT	Max +ve	0.000	3.546	0.000	19.085
				Max -ve	4.583	-16.243	5.000	-13.707
			17: COMBINAT	Max +ve	0.000	5.134	5.000	13.079
				Max -ve	5.000	-9.652	0.000	-18.702
			18: COMBINAT	Max +ve	5.000	1.132	5.000	14.879
				Max -ve	0.000	-9.053	0.000	-21.262
			19: COMBINAT	Max +ve	0.000	15.728	0.000	21.566
				Max -ve	5.000	-15.278	5.000	-15.378
			20: COMBINAT	Max +ve	0.000	1.542	0.000	19.007
				Max -ve	4.583	-12.695	5.000	-13.578
			21: COMBINAT	Max +ve	4.583	3.832	5.000	13.208
				Max -ve	5.000	-5.598	0.000	-18.781
			22: COMBINAT	Max +ve	4.583	3.832	5.000	13.208
				Max -ve	5.000	-5.598	0.000	-18.781
60	12	5.000	1: BEBAN MAT	Max +ve	0.000	2.708	0.000	0.198
				Max -ve	5.000	-5.769	5.000	-0.254
			2: BEBAN HIDU	Max +ve	0.000	1.272	0.000	0.082
				Max -ve	5.000	-2.447	5.000	-0.119
			3: BEBAN GEM	Max +ve	0.000	22.129	0.000	67.800

STORY	HEIGHT	LOAD	DRIFT (CM)		ECCENTRICITY	RATIO

	(METER)		X	Z	(METER)	
BASE=	0.00					
1	0.00	1	0.0000	0.0000	0.0000	L /999999
		2	0.0000	0.0000	0.0000	L /999999
		3	0.0000	0.0000	0.0000	L /999999
		4	0.0000	0.0000	0.0000	L /999999
		5	0.0000	0.0000	0.0000	L /999999
		6	0.0000	0.0000	0.0000	L /999999
		7	0.0000	0.0000	0.0000	L /999999
		8	0.0000	0.0000	0.0000	L /999999
		9	0.0000	0.0000	0.0000	L /999999
		10	0.0000	0.0000	0.0000	L /999999
		11	0.0000	0.0000	0.0000	L /999999
		12	0.0000	0.0000	0.0000	L /999999
		13	0.0000	0.0000	0.0000	L /999999
		14	0.0000	0.0000	0.0000	L /999999
		15	0.0000	0.0000	0.0000	L /999999
		16	0.0000	0.0000	0.0000	L /999999
		17	0.0000	0.0000	0.0000	L /999999

STAAD SPACE

-- PAGE NO. 45

		18	0.0000	0.0000	0.0000	L /999999
		19	0.0000	0.0000	0.0000	L /999999
		20	0.0000	0.0000	0.0000	L /999999
		21	0.0000	0.0000	0.0000	L /999999
		22	0.0000	0.0000	0.0000	L /999999
2	5.00	1	0.0000	-0.0008	0.0000	L /999999
		2	0.0000	0.0004	0.0000	L /999999
		3	0.2644	0.0775	0.0000	L / 1891
		4	0.0050	0.0270	0.0000	L / 18488
		5	0.0000	-0.0011	0.0000	L /999999
		6	0.0000	-0.0002	0.0000	L /999999
		7	0.2659	0.0851	0.0000	L / 1880
		8	0.2644	0.0770	0.0000	L / 1891
		9	0.2659	0.0851	0.0000	L / 1880
		10	-0.2629	-0.0698	0.0000	L / 1902
		11	0.2659	0.0849	0.0000	L / 1880
		12	0.2629	0.0686	0.0000	L / 1902
		13	-0.2629	-0.0700	0.0000	L / 1902
		14	-0.2659	-0.0863	0.0000	L / 1880
		15	0.0844	0.0498	0.0000	L / 5926
		16	0.0743	-0.0043	0.0000	L / 6731
		17	-0.0743	0.0033	0.0000	L / 6731
		18	-0.0844	-0.0508	0.0000	L / 5926
		19	0.0844	0.0496	0.0000	L / 5926
		20	0.0743	-0.0045	0.0000	L / 6731
		21	-0.0743	0.0031	0.0000	L / 6731
		22	-0.0743	0.0031	0.0000	L / 6731
3	9.50	1	0.0000	0.0046	0.0000	L /208394

STORY	HEIGHT	LOAD	DRIFT (CM)		ECCENTRICITY	RATIO
	(METER)		X	Z	(METER)	
BASE=	0.00					
		2	0.0000	0.0027	0.0000	L /356043
		3	0.5799	0.1661	0.0000	L / 1638
		4	0.0111	0.0588	0.0000	L / 16148
		5	0.0000	0.0064	0.0000	L /148853
		6	0.0000	0.0097	0.0000	L / 97540
		7	0.5832	0.1919	0.0000	L / 1629
		8	0.5799	0.1742	0.0000	L / 1638
		9	0.5832	0.1919	0.0000	L / 1629
		10	-0.5766	-0.1403	0.0000	L / 1648
		11	0.5832	0.1878	0.0000	L / 1629
		12	0.5766	0.1525	0.0000	L / 1648
		13	-0.5766	-0.1443	0.0000	L / 1648
		14	-0.5832	-0.1796	0.0000	L / 1629
		15	0.1851	0.1168	0.0000	L / 5134
		16	0.1629	-0.0009	0.0000	L / 5832
		17	-0.1629	0.0171	0.0000	L / 5832
		18	-0.1851	-0.1005	0.0000	L / 5134
		19	0.1851	0.1128	0.0000	L / 5134

STAAD SPACE

-- PAGE NO. 47

		20	0.1629	-0.0049	0.0000	L / 5832
		21	-0.1629	0.0131	0.0000	L / 5832
		22	-0.1629	0.0131	0.0000	L / 5832
4	14.00	1	0.0000	0.0058	0.0000	L /240973
		2	0.0000	0.0032	0.0000	L /440076
		3	0.8778	0.2525	0.0000	L / 1595
		4	0.0177	0.0911	0.0000	L / 15375
		5	0.0000	0.0081	0.0000	L /172124
		6	0.0000	0.0121	0.0000	L /116069
		7	0.8831	0.2900	0.0000	L / 1585
		8	0.8778	0.2626	0.0000	L / 1595
		9	0.8831	0.2900	0.0000	L / 1585
		10	-0.8725	-0.2150	0.0000	L / 1604
		11	0.8831	0.2850	0.0000	L / 1585
		12	0.8725	0.2304	0.0000	L / 1604
		13	-0.8725	-0.2199	0.0000	L / 1604
		14	-0.8831	-0.2746	0.0000	L / 1585
		15	0.2810	0.1770	0.0000	L / 4981
		16	0.2457	-0.0052	0.0000	L / 5699
		17	-0.2457	0.0255	0.0000	L / 5699
		18	-0.2810	-0.1567	0.0000	L / 4981
		19	0.2810	0.1720	0.0000	L / 4981
		20	0.2457	-0.0101	0.0000	L / 5699
		21	-0.2457	0.0205	0.0000	L / 5699
		22	-0.2457	0.0205	0.0000	L / 5699
5	18.50	1	0.0000	0.0069	0.0000	L /267089
		2	0.0000	0.0036	0.0000	L /509573
		3	1.1453	0.3308	0.0000	L / 1615

STORY	HEIGHT	LOAD	DRIFT (CM)		ECCENTRICITY	RATIO
	(METE)		X	Z	(METE)	
BASE=	0.00					
		4	0.0238	0.1216	0.0000	L / 15208
		5	0.0000	0.0097	0.0000	L / 190778
		6	0.0000	0.0141	0.0000	L / 131014
		7	1.1525	0.3792	0.0000	L / 1605
		8	1.1453	0.3427	0.0000	L / 1615
		9	1.1525	0.3792	0.0000	L / 1605
		10	-1.1382	-0.2824	0.0000	L / 1625
		11	1.1525	0.3735	0.0000	L / 1605
		12	1.1382	0.3005	0.0000	L / 1625
		13	-1.1382	-0.2881	0.0000	L / 1625
		14	-1.1525	-0.3611	0.0000	L / 1605
		15	0.3674	0.2328	0.0000	L / 5035
		16	0.3198	-0.0105	0.0000	L / 5785
		17	-0.3198	0.0343	0.0000	L / 5785
		18	-0.3674	-0.2089	0.0000	L / 5035
		19	0.3674	0.2271	0.0000	L / 5035
		20	0.3198	-0.0162	0.0000	L / 5785
		21	-0.3198	0.0286	0.0000	L / 5785

STAAD SPACE

-- PAGE NO. 49

		22	-0.3198	0.0286	0.0000	L / 5785
6	23.00	1	0.0000	0.0080	0.0000	L /287308
		2	0.0000	0.0041	0.0000	L /566145
		3	1.3676	0.3966	0.0000	L / 1682
		4	0.0296	0.1485	0.0000	L / 15486
		5	0.0000	0.0112	0.0000	L /205220
		6	0.0000	0.0161	0.0000	L /142799
		7	1.3764	0.4548	0.0000	L / 1671
		8	1.3676	0.4103	0.0000	L / 1682
		9	1.3764	0.4548	0.0000	L / 1671
		10	-1.3587	-0.3384	0.0000	L / 1693
		11	1.3764	0.4484	0.0000	L / 1671
		12	1.3587	0.3592	0.0000	L / 1693
		13	-1.3587	-0.3448	0.0000	L / 1693
		14	-1.3764	-0.4339	0.0000	L / 1671
		15	0.4398	0.2812	0.0000	L / 5229
		16	0.3807	-0.0159	0.0000	L / 6041
		17	-0.3807	0.0432	0.0000	L / 6041
		18	-0.4398	-0.2538	0.0000	L / 5229
		19	0.4398	0.2747	0.0000	L / 5229
		20	0.3807	-0.0223	0.0000	L / 6041
		21	-0.3807	0.0367	0.0000	L / 6041
		22	-0.3807	0.0367	0.0000	L / 6041
7	27.50	1	0.0000	0.0091	0.0000	L /302490
		2	0.0000	0.0045	0.0000	L /611546
		3	1.5302	0.4455	0.0000	L / 1797
		4	0.0350	0.1693	0.0000	L / 16247
		5	0.0000	0.0127	0.0000	L /216065

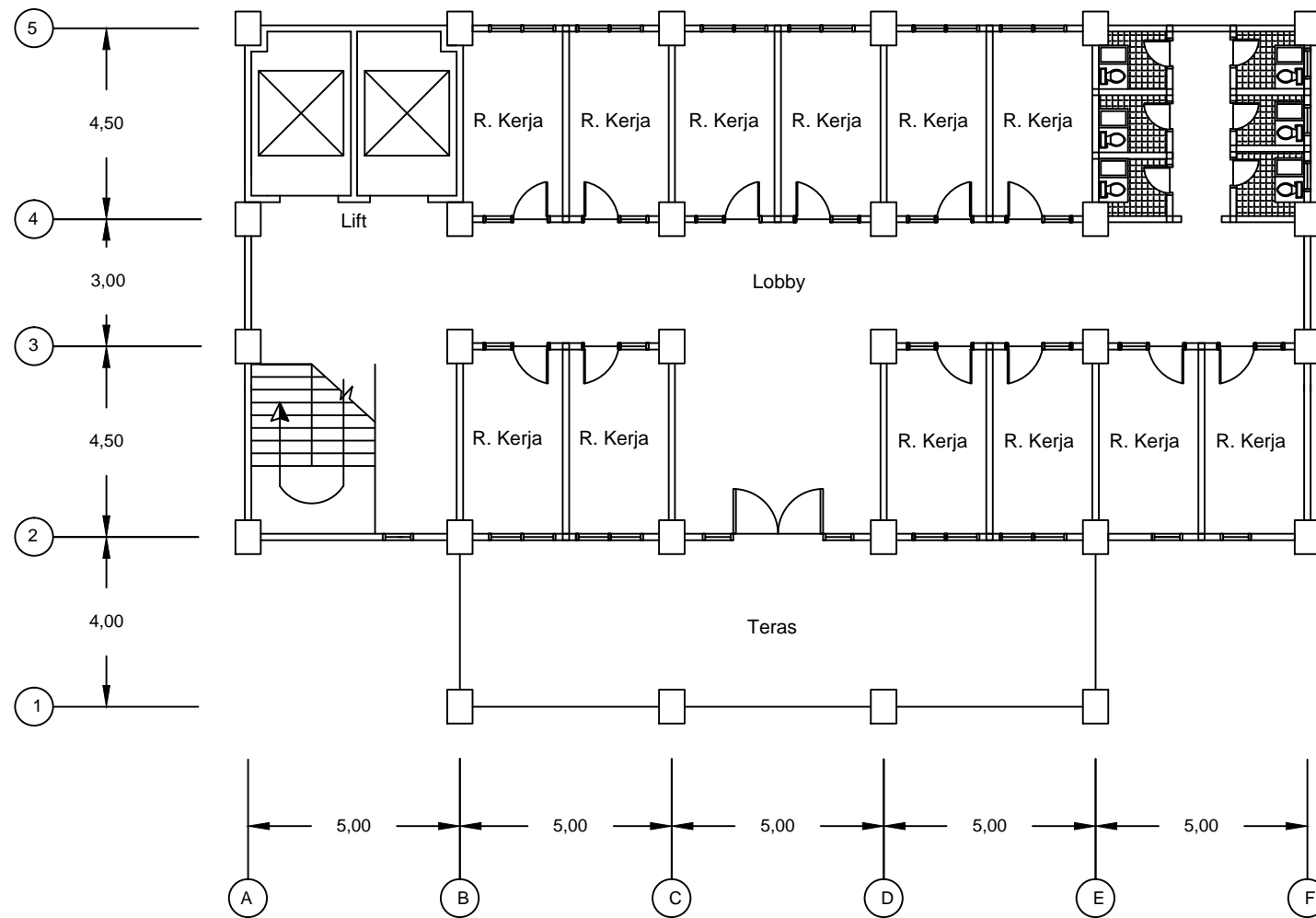
STORY	HEIGHT	LOAD	DRIFT (CM)		ECCENTRICITY	RATIO
	(METE)		X	Z	(METE)	
BASE=	0.00					
		6	0.0000	0.0181	0.0000	L /151897
		7	1.5407	0.5117	0.0000	L / 1785
		8	1.5302	0.4609	0.0000	L / 1797
		9	1.5407	0.5117	0.0000	L / 1785
		10	-1.5197	-0.3793	0.0000	L / 1809
		11	1.5407	0.5045	0.0000	L / 1785
		12	1.5197	0.4029	0.0000	L / 1809
		13	-1.5197	-0.3866	0.0000	L / 1809
		14	-1.5407	-0.4881	0.0000	L / 1785
		15	0.4941	0.3183	0.0000	L / 5565
		16	0.4240	-0.0202	0.0000	L / 6486
		17	-0.4240	0.0510	0.0000	L / 6486
		18	-0.4941	-0.2875	0.0000	L / 5565
		19	0.4941	0.3111	0.0000	L / 5565
		20	0.4240	-0.0274	0.0000	L / 6486
		21	-0.4240	0.0438	0.0000	L / 6486
		22	-0.4240	0.0438	0.0000	L / 6486
8	32.00	1	0.0000	0.0102	0.0000	L /314186


STAAD SPACE

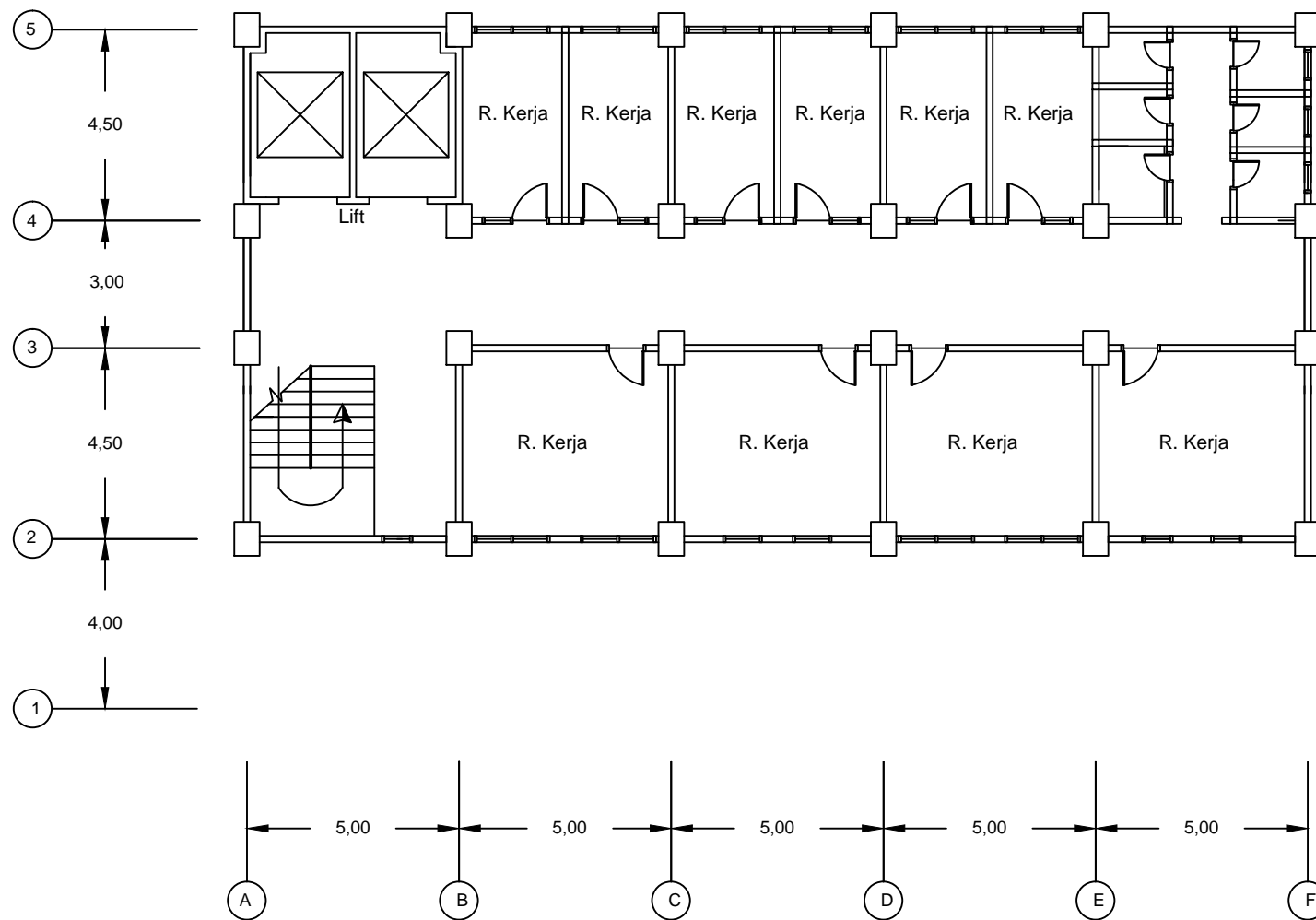
-- PAGE NO. 51

2	0.0000	0.0049	0.0000	L /648351
3	1.6137	0.4746	0.0000	L / 1983
4	0.0364	0.1818	0.0000	L / 17601
5	0.0000	0.0143	0.0000	L /224418
6	0.0000	0.0201	0.0000	L /159053
7	1.6247	0.5463	0.0000	L / 1969
8	1.6137	0.4918	0.0000	L / 1983
9	1.6247	0.5463	0.0000	L / 1969
10	-1.6028	-0.4029	0.0000	L / 1996
11	1.6247	0.5383	0.0000	L / 1969
12	1.6028	0.4292	0.0000	L / 1996
13	-1.6028	-0.4109	0.0000	L / 1996
14	-1.6247	-0.5200	0.0000	L / 1969
15	0.5206	0.3413	0.0000	L / 6147
16	0.4477	-0.0223	0.0000	L / 7148
17	-0.4477	0.0566	0.0000	L / 7148
18	-0.5206	-0.3070	0.0000	L / 6147
19	0.5206	0.3334	0.0000	L / 6147
20	0.4477	-0.0302	0.0000	L / 7148
21	-0.4477	0.0486	0.0000	L / 7148
22	-0.4477	0.0486	0.0000	L / 7148

2157. FINISH




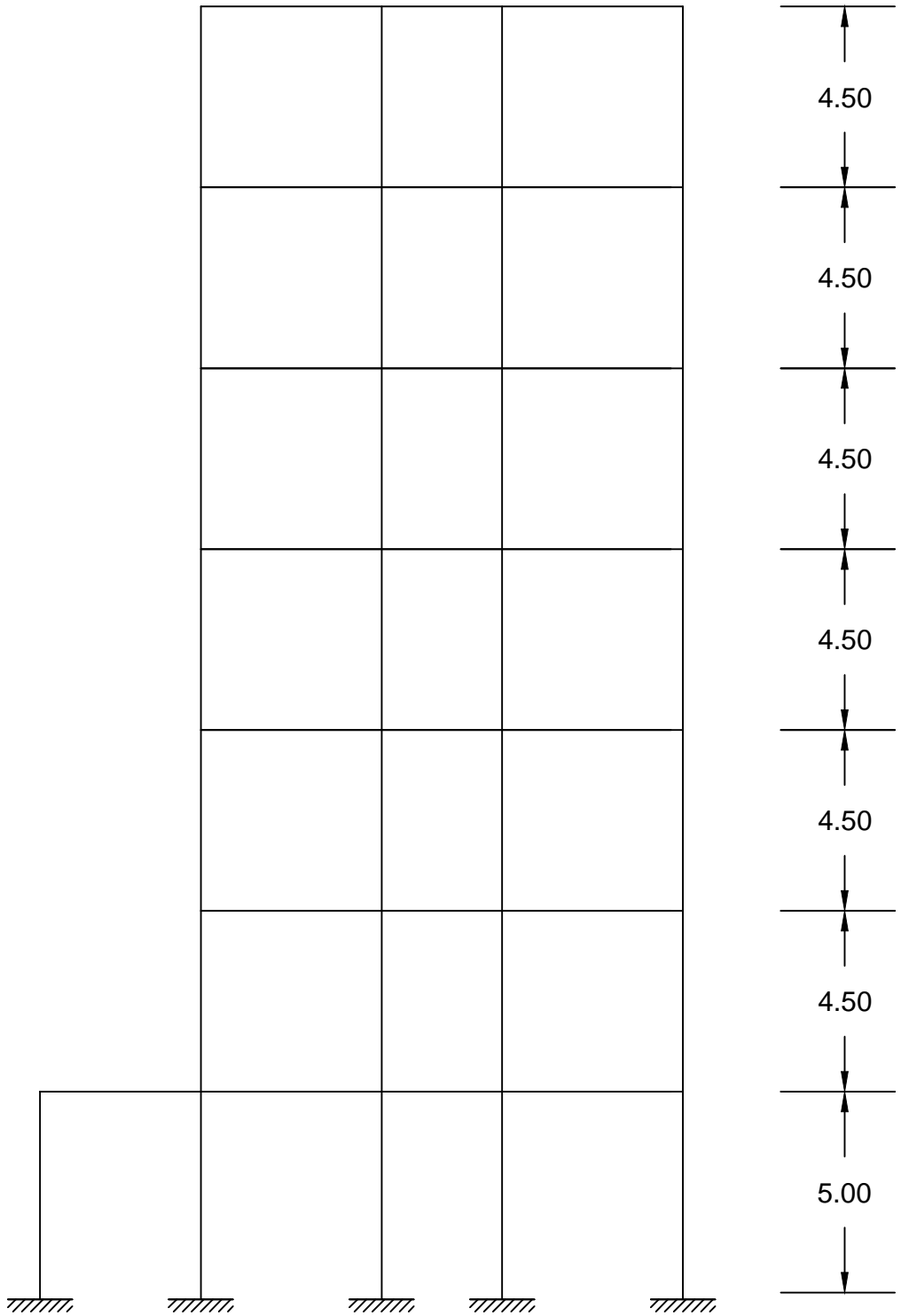
 Denah Lantai 1
1 : 100



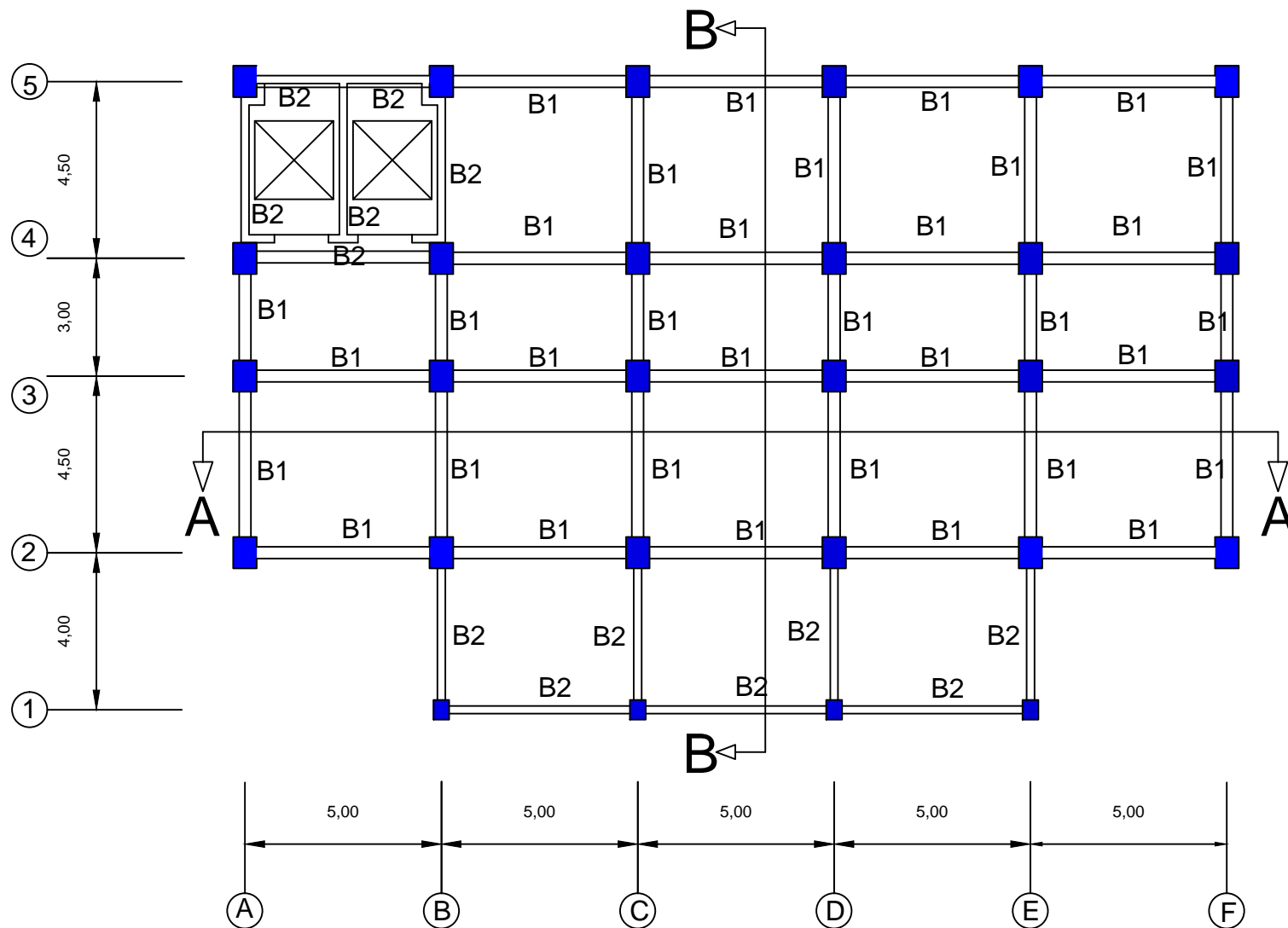
Denah Lantai 2-7
1 : 100



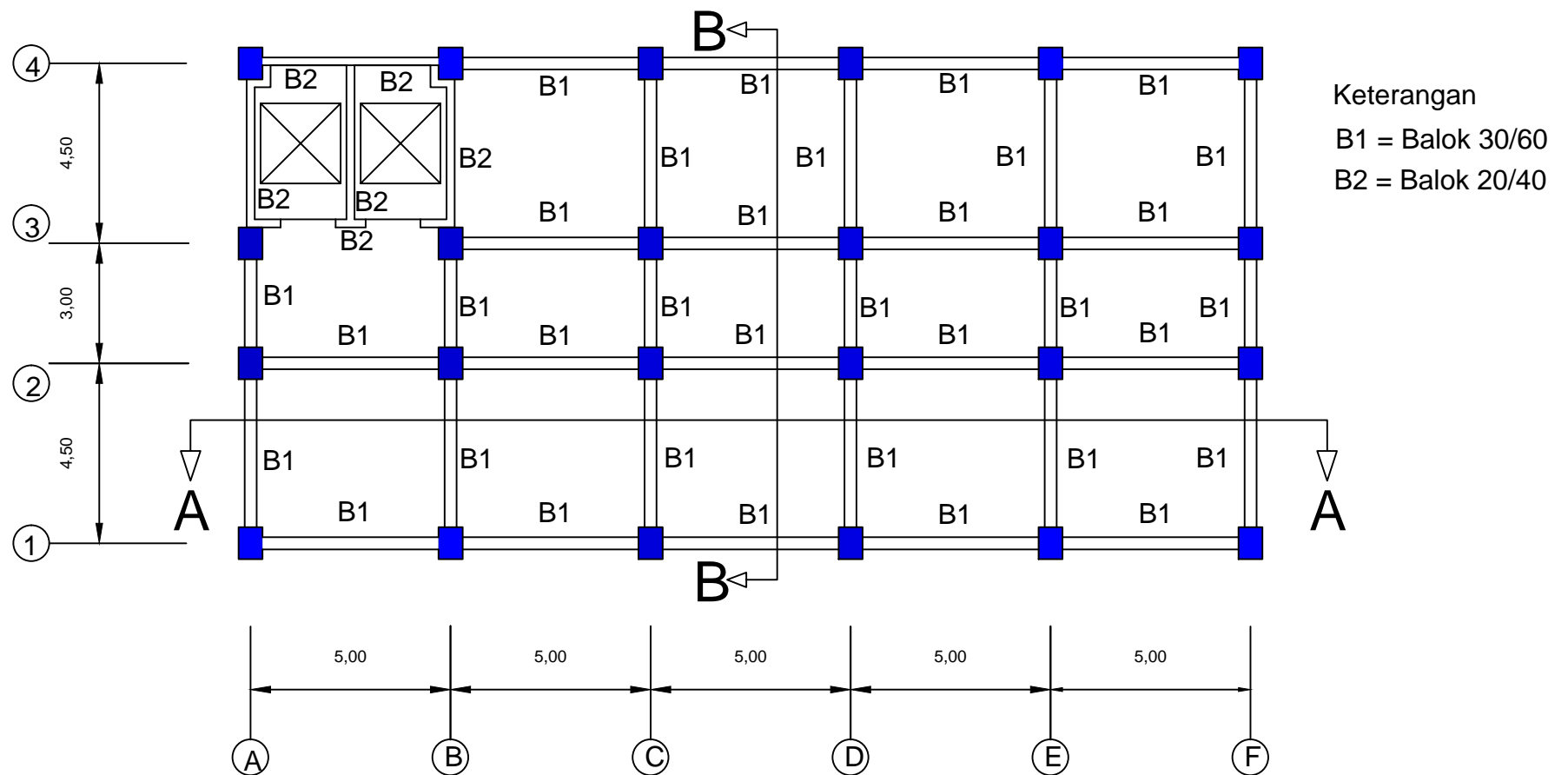
 Tampak Depan

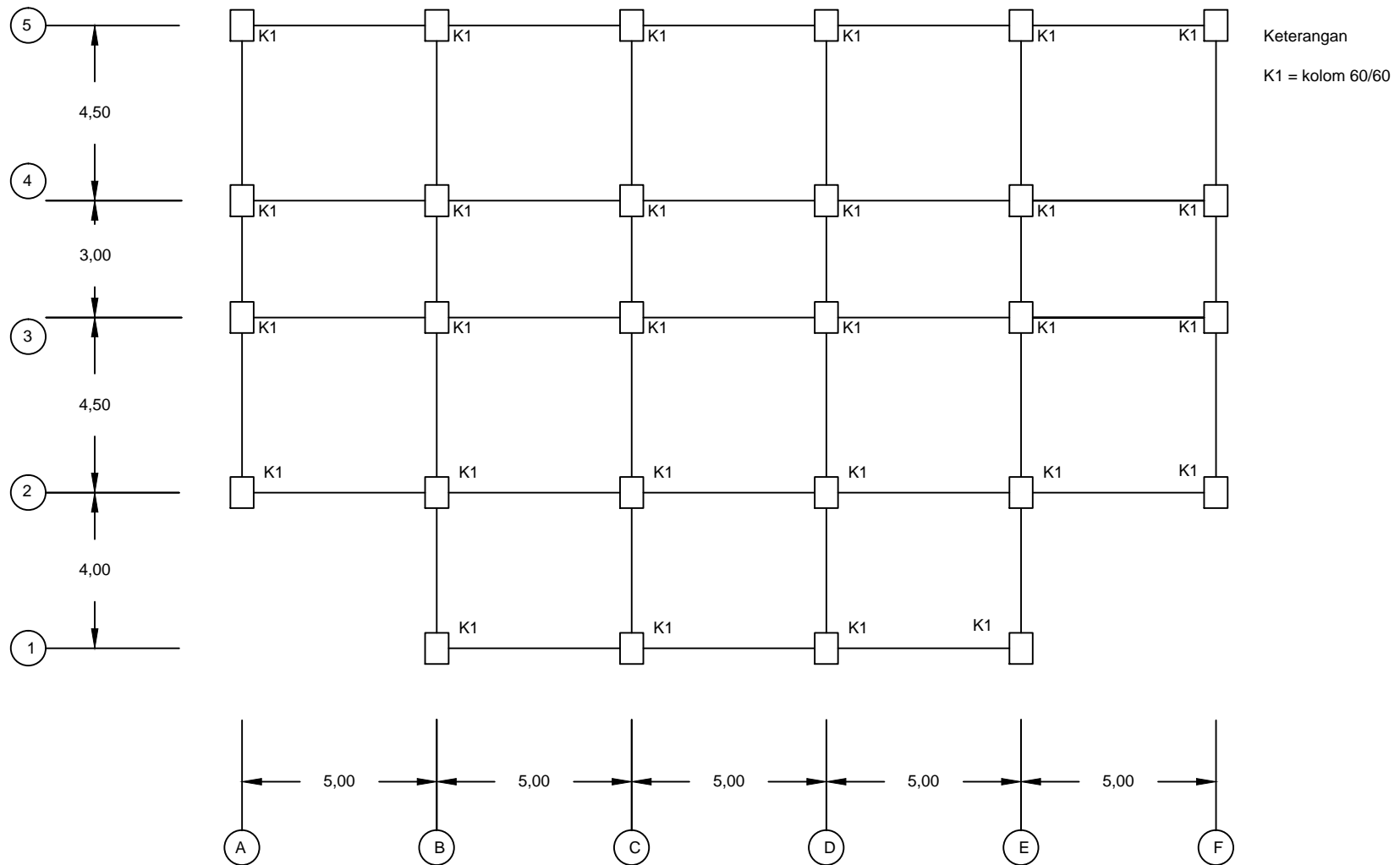



 Portal Line D

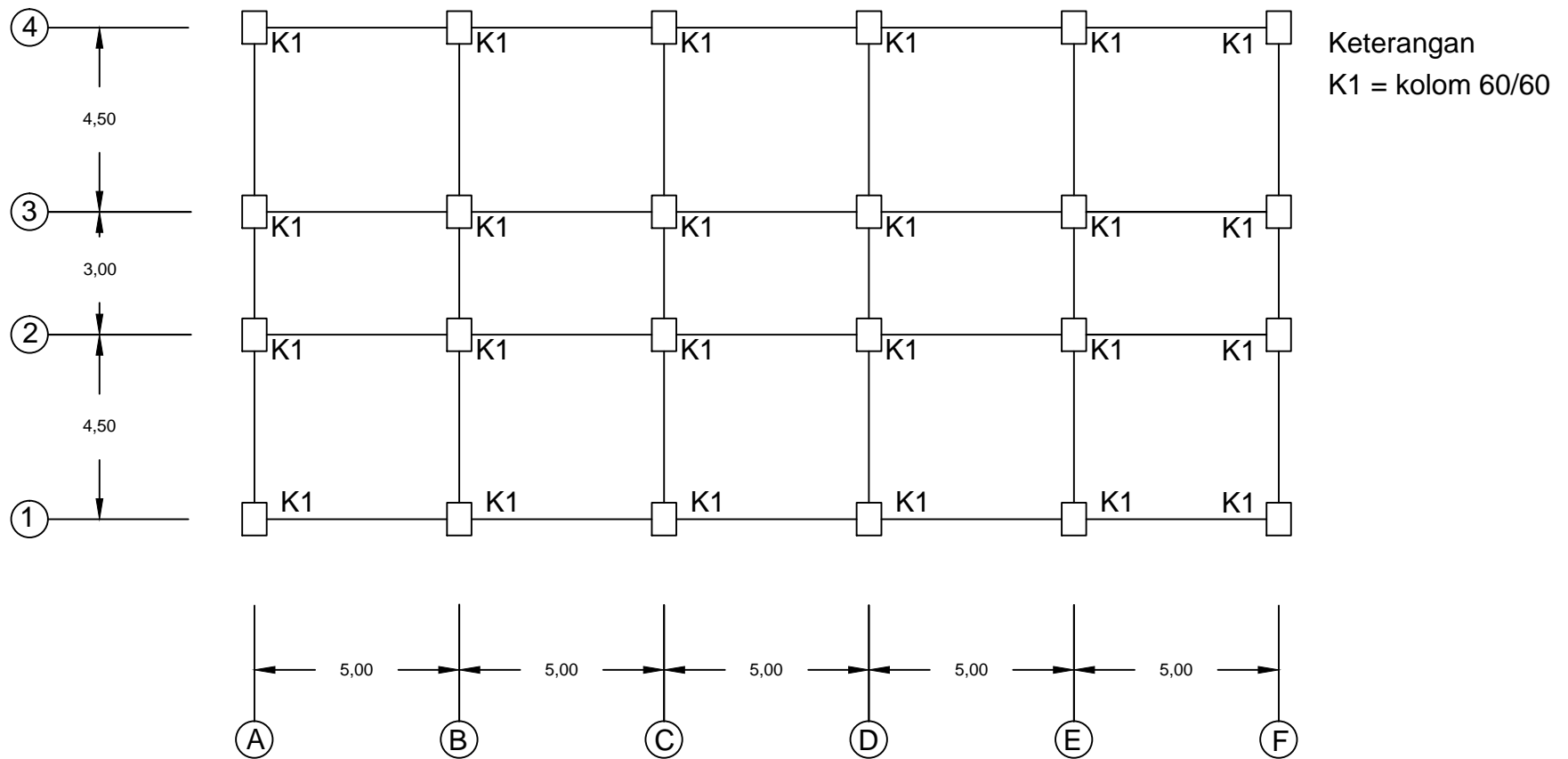



Keterangan
 B1 = Balok 30/60
 B2 = Balok 20/40

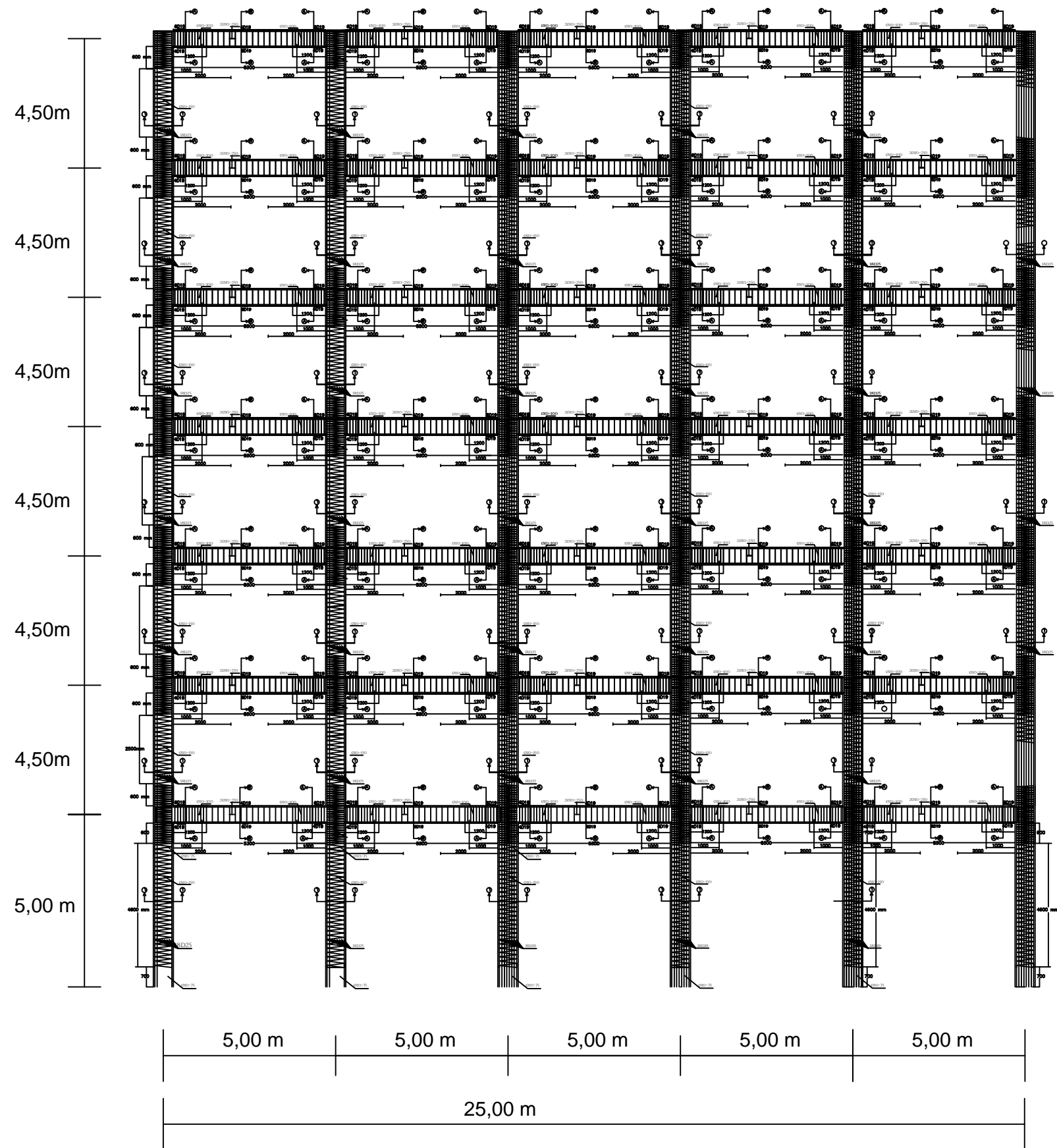




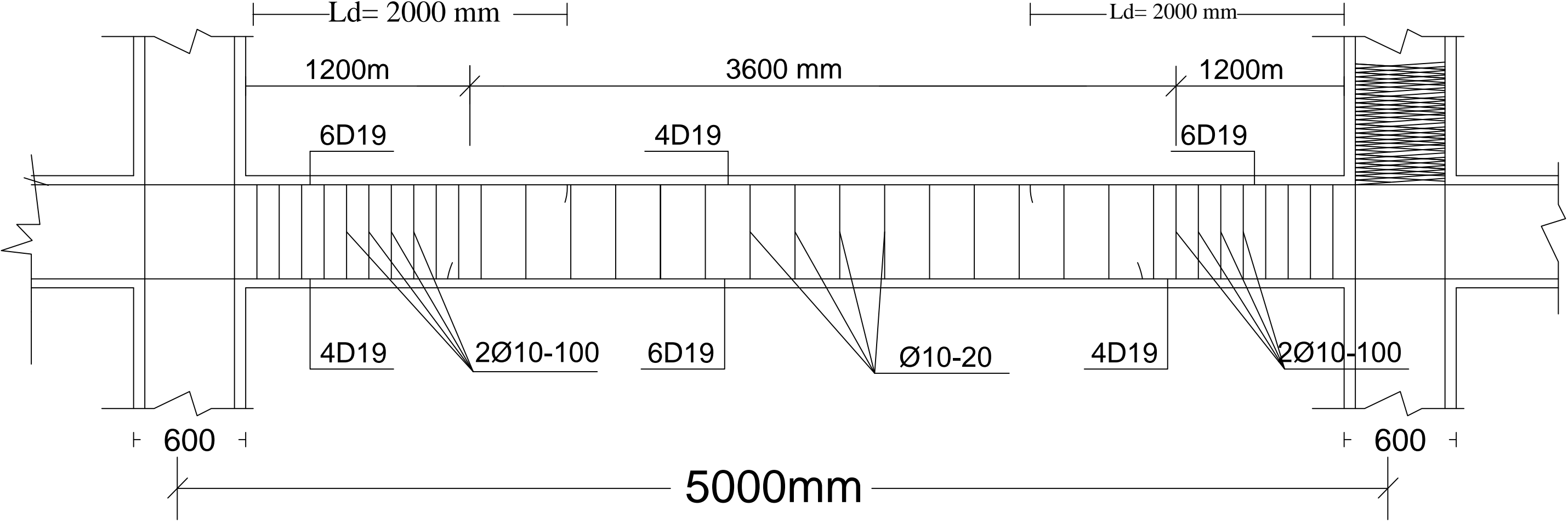
 Rencana Kolom Lantai 2



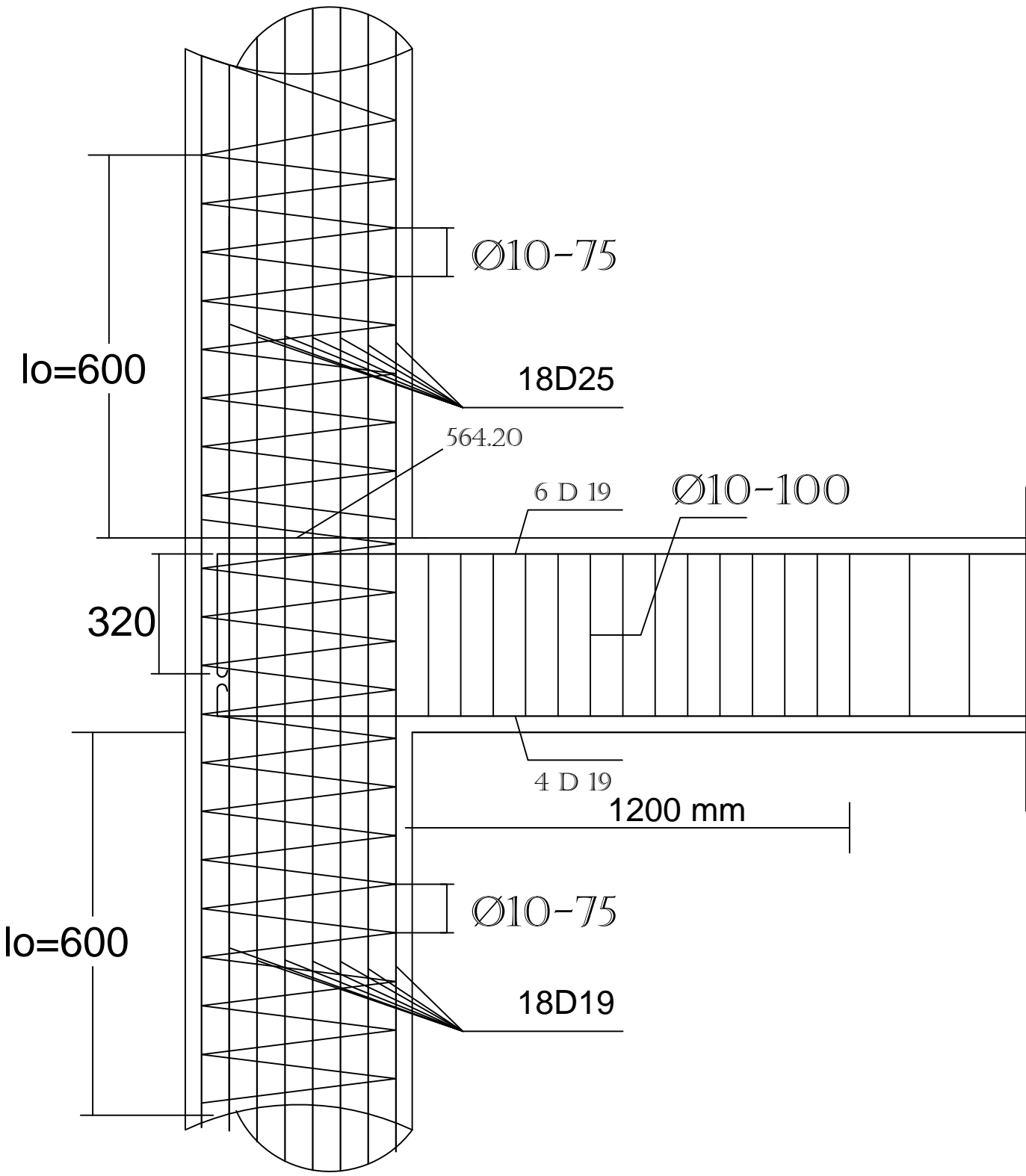
 Rencana Kolom Lantai 3 - 7



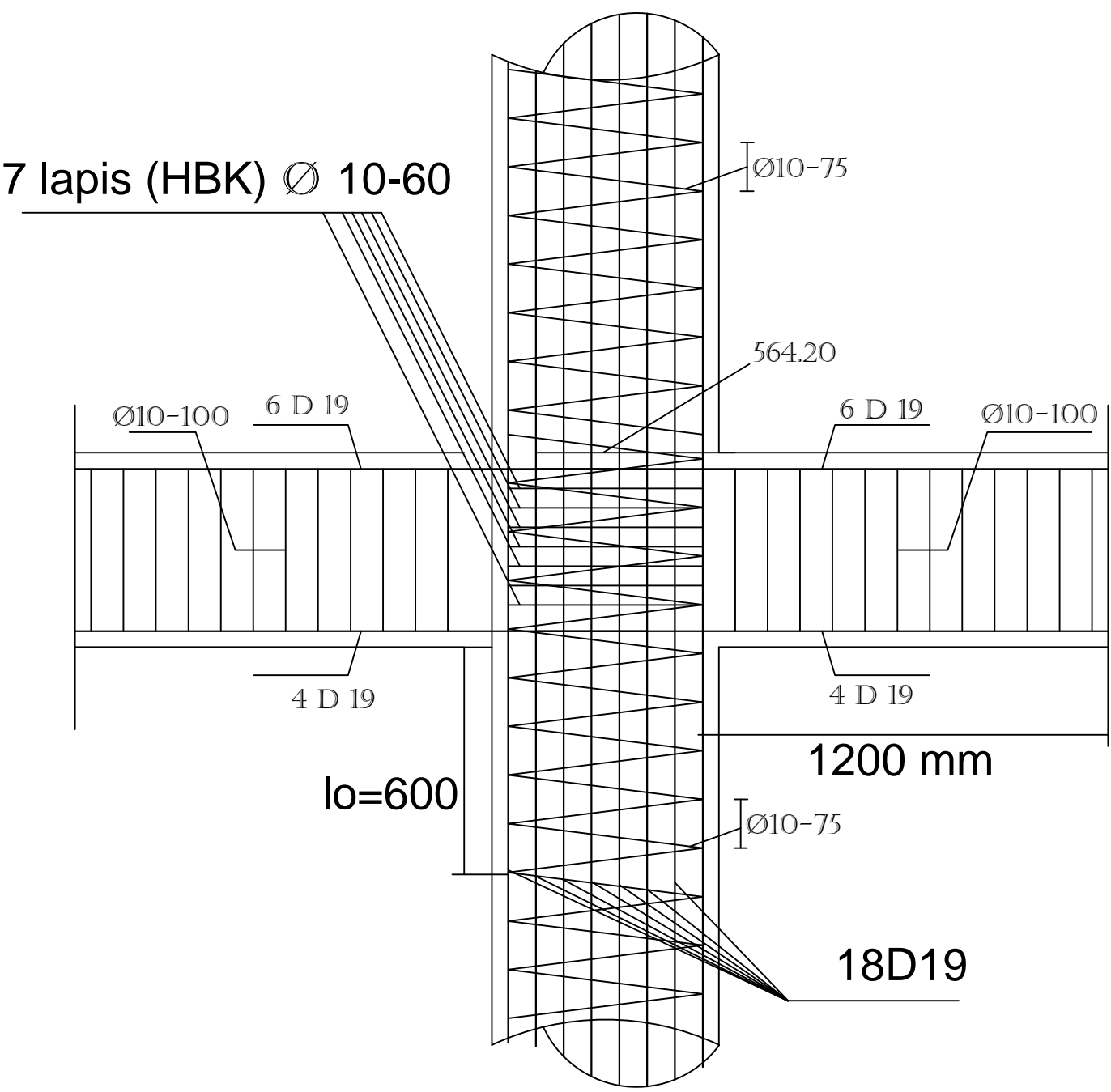
PORTAL MELINTANG LINE 2
SKALA 1:100



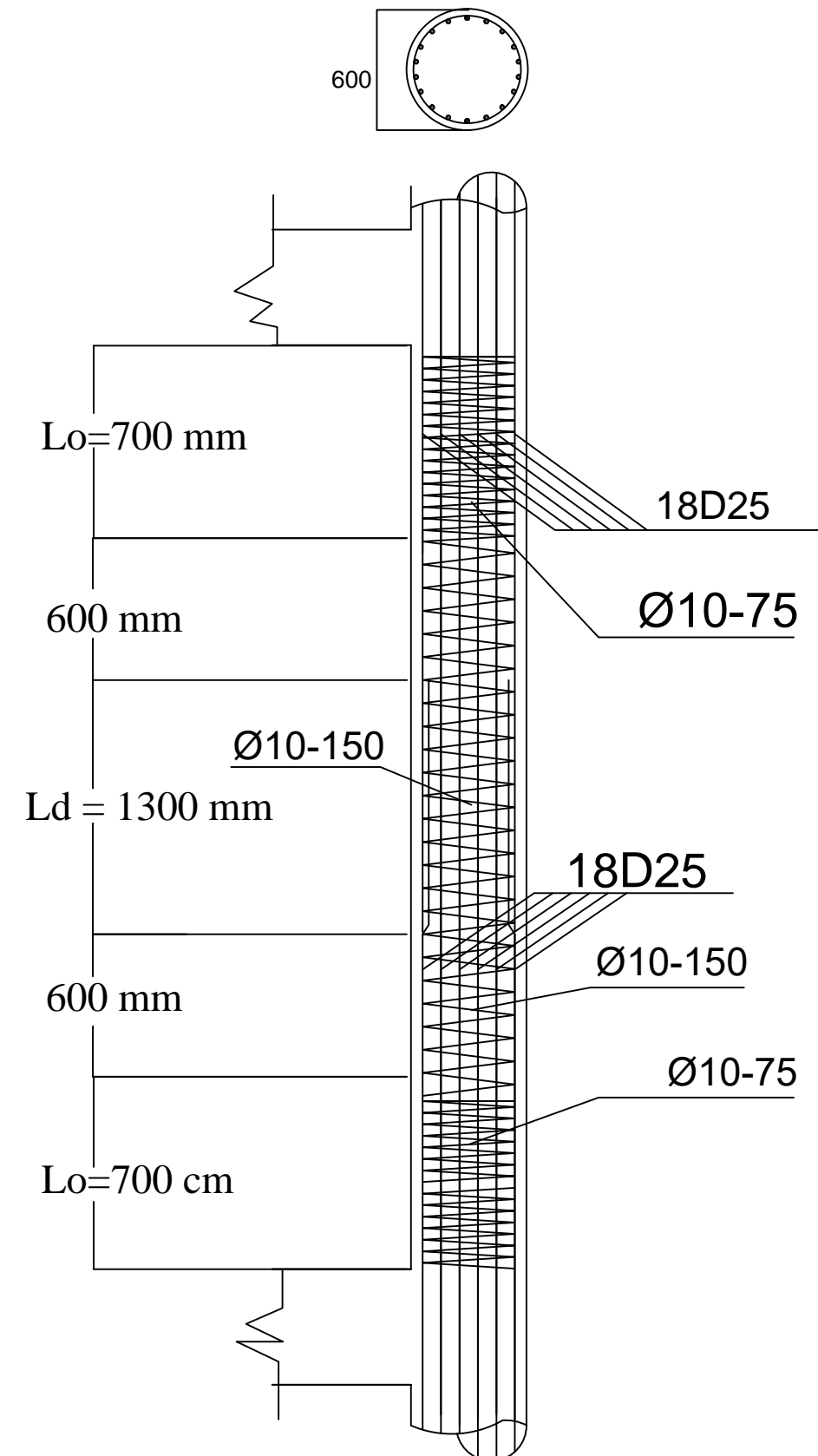
SKALA 1:10



SKALA 1:10



SKALA 1:25



Gambar penulangan longitudinal dan transversal serta sambungan pada kolom